

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



*Projet de Fin d'Etudes*

*En vue de l'obtention du diplôme de Master*

*En Biologie des Populations et des Organismes*

## Thème

**Extraction de trois huiles essentielles: Effet sur la croissance radiale du phytopathogène de l'olivier responsable de l'œil de paon (*Spilocaea oleaginea*).**

**Présenter par : OUHACHI Celina**

**Devant le jury :**

- Mme TALEB TOUDERT K. MCA(UMMTO) Promotrice
- Mme HEDJAL CHEBHEB M. MCA(UMMTO) Présidente
- Mme SAHMOUNE SIDI MANSOUR F. MAA(UMMTO) Examinatrice

**2023/ 2024**



# Remerciements

*Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à ma formidable et précieuse promotrice, Madame TALEB TOUDERT Karima, pour son encadrement exceptionnel tout au long de la réalisation de mon mémoire. Ses conseils avisés, sa patience et sa disponibilité ont été des atouts essentiels pour mener à bien ce projet. Son expertise et ses encouragements m'ont non seulement permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine étudié, mais ils ont également enrichi mon expérience académique. Grâce à elle, j'ai pu surmonter les défis rencontrés et développer une approche méthodologique rigoureuse. Je lui suis reconnaissante d'avoir investi son temps et sa confiance. Ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour sans sa précieuse contribution.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers les membres du jury, notamment Madame Hedjal Chebheb M., Maître de Conférences Agrégée à l'UMMTO, pour sa participation en présidant le jury d'évaluation de ce travail, Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers Madame Sahmoune Sidi Mansour F., Maître-Assistante à l'UMMTO, pour avoir accepté de consacrer son temps à examiner ce mémoire avec bienveillance.*

*Un immense MERCI à mes parents pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leur aide précieuse tout au long de la réalisation de mon projet de fin d'études. Leur présence et leur encouragement constant a été une source d'inspiration et de force.*

*Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes qui m'ont soutenue, que ce soit directement par leur expertise et leurs conseils, ou indirectement par leur soutien moral et leur présence encourageante, dans la réalisation de ce projet.*

*Je souhaite tout particulièrement remercier ma cousine Lila, dont la présence réconfortante et les encouragements constants ont su apaiser mon stress et me remonter le moral tout au long de cette période intense. Son écoute attentive et ses encouragements bienveillants ont été d'une aide précieuse.*



# Dédicaces



*J'ai l'honneur de dédier ce modeste effort à :*

*À ma regrettée **grand-mère**, j'aurai tellement aimé que tu sois là ! J'espère que tu es fière de moi comme tu l'as toujours été ! Reposes en paix.*

*À mon cher **PAPA** et à ma tendre **MAMAN**, Je ne pourrai jamais trouver les mots justes pour exprimer toute ma gratitude envers vous. Votre amour m'entoure, votre sagesse éclaire mon chemin, et votre soutien constant a toujours été ma principale source de courage et de détermination. Merci pour tout ce que vous m'avez apporté et pour être toujours là, chaque jour, avec votre amour et votre bienveillance. Grâce à vous, j'ai la force de surmonter toutes les épreuves.*

*À mes sœurs **Manel** et **Imane**, ainsi qu'à mon frère **Rayane**, que Dieu le Tout-Puissant les garde et les protège.*

*À la famille **Ouhachi** et **Ikni**, qui sont à la fois les piliers de ma vie et les gardiens de mes souvenirs les plus chers.*

*À mes chères **tantes**, **oncles**, **cousins** et **cousines**.*

*À mes chers **amis** et **amies**, à travers les rires partagés, les moments de complicité et les épreuves surmontées ensemble, vous êtes devenus bien plus que des compagnons de route : vous êtes ma famille choisie, ceux avec qui je grandis et je partage mes joies et mes peines.*

*Votre présence dans ma vie est une source infinie de soutien et de bonheur. Merci d'être toujours là, et que notre amitié continue à s'épanouir au fil du temps.*



**Celina**

- 
- **Figure 1:** Présentation d'arbre d'olivier (à gauche) ; principales parties d'un olivier (à droite). (Argenson et al., 1999).....3
  - **Figure 2:** Morphologie des feuilles et fruits d'olivier (Chevalier, 1948 ; Malek, 2019)....5
  - **Figure 3:** Développement du système racinaire de l'olivier (d'après A. Morettini, 1947) : 1) Germination du noyau d'olivier ; 2) Evolution du système racinaire d'un olivier de semis : A- système racinaire à la plantation, B- système racinaire secondaire, C- nouvelle racine émise à partir des excroissances du collet (In Loussert et Brousse, 1978).....6
  - **Figure 4:** Le tronc de l'olivier (Bolmont et al., 1998).....6
  - **Figure 5:** Feuilles d'olivier (Bolmont et al., 1998).....7
  - **Figure 6:** Fleurs d'olivier (Bolmont et al., 1998).....8
  - **Figure 7:** Schéma d'une coupe transversale d'un fruit d'olivier (Rossini, 1999).....9
  - **Figure 8:** Cycle végétatif annuel de l'olivier sous les conditions de climat méditerranéen (d'après F. Pansiot et H. Rebour. « L'amélioration de la culture de l'olivier », 1960, p.21).....10
  - **Figure 9:** Jeune olivier (Bolmont et al., 1998).....14
  - **Figure 10:** Oliviers à différentes périodes de leur vie (période de jeunesse, d'entrée en production et adulte). (Ain El Hammam, 2020).....15
  - **Figure 11:** olivier en période de sénescence (Anonyme, 2014).....15
  - **Figure 12:** Carte oléicole d'Algérie (Khoumeri, 2009).....16
  - **Figure 13:** la fumagine (Afidol, 2013).....19
  - **Figure 14:** Le pourridié de l'olivier (Gerbeaud, 2023).....20
  - **Figure 15:** Symptômes de la verticilliose de l'olivier. A : Aspect des feuilles d'olivier au début de l'apoplexie ; B : Fruits momifiés et attachés aux rameaux malades (Azabou et al., 2020) ; C : décoloration brun foncé du xylème dans la section transversale d'un tronc affecté par le flétrissement verticillien (Benzina et al., 2016).....21
  - **Figure 16:** Symptômes et signes typiques de l'anthracnose de l'olivier sur les fruits à maturité (A), conduisant à la momification des fruits (B) et, lors d'épidémies sévères, à la défoliation (C) (Talhinhas et al., 2018).....22
  - **Figure 17:** La tuberculose de l'olivier : Tumeurs formées sur les rameaux (à gauche) ; Tumeurs formées sur le tronc (à droite) (Boulssen et Bourraoui, 2016).....23
  - **Figure 18:** Symptômes et signes causés par *Venturia oleaginea* dans les oliviers: taches circulaires uniformément colorées en vert brun sur la face supérieure des feuilles ; (b) anneaux concentriques qui sont vert olive, gris, brun foncé du centre à la périphérie sur la face supérieure des feuilles ; (c) des auréoles jaunes entourant les taches foliaires ; (d)

taches brunes veloutées sur les drupes olive ; (e) des îlots verts entourant les taches foliaires ; (f) stries brun foncé sur la nervure principale de la face inférieure des feuilles (Buonauro et al., 2023).....	24
➤ <b>Figure 19:</b> <i>Venturia oleaginea</i> structures anamorphiques. (A) Conidie ovalpyriforme uniséptée ; (B) conidiophore subglobuleux produisant une conidie à son sommet, des annellations sont visibles au sommet de la cellule conidiogène ; (C) les conidies sur un trichome pelté d'olivier (le trichome représente une entrée via et peut fonctionner comme un parachute pour propager la maladie) ; (D) coupe de feuille d'olivier montrant la présence du mycélium dans la couche cuticulaire. (Buonauro et al., 2023).....	25
➤ <b>Figure 20:</b> Cycle de développement de <i>Spilocaea oleagina</i> (Buonauro et al., 2023).....	27
➤ <b>Figure 21:</b> Quelques exemples d'appareil sécréteur (Bekhechi et Abdelouahid, 2014) 1, poche sécrétrice dans une feuille d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Myrtacées) ; 2, cellule isolée située sous l'épiderme, e, de la feuille de <i>Sassafras officinale</i> (Lauracées) ; 3, poil de Menthe poivrée ( <i>Mentha piperita</i> , Lamiacées) : l'essence (en noir) s'accumule sous la cuticule, et, très épaisse ; 4, poil de Patchouli ( <i>Pogostemon</i> , Lamiacées) ; 5, laticifères, lat, dans la racine d'un Salsifis (Astéracées). (Guignard, 1996).....	30
➤ <b>Figure 22:</b> Exemples de structures de monoterpènes acycliques et cycliques rencontrées dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999).....	32
➤ <b>Figure 23:</b> Exemples de structures de sesquiterpènes rencontrées dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999).....	33
➤ <b>Figure 24:</b> Exemples de structures de composés aromatiques rencontrées dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999).....	33
➤ <b>Figure 25:</b> <i>Cymbopogon citratus</i> (Wahedi et al., 2024).....	36
➤ <b>Figure 26:</b> <i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & Perry. (Bruneton, 1999).....	38
➤ <b>Figure 27:</b> <i>Juniperus oxycedrus</i> L. (Meyer et al., 2008).....	39
➤ <b>Figure 28:</b> Localisation de la zone d'étude Freha (maps.google.com).....	41
➤ <b>Figure 29:</b> Prélèvement des feuilles d'oliviers infectées par <i>Spilocaea oleaginea</i> (Originelle, 2024).....	42
➤ <b>Figure 30:</b> Isolats du phytopathogène ( <i>S.oleaginea</i> ) sur le milieu PDA (à gauche), après une semaine d'incubation (à droite).....	44
➤ <b>Figure 31:</b> Observation macroscopique des feuilles d'oliviers infectées par <i>Spilocaea oleaginea</i> (Originelle, 2024).....	45

- **Figure 32:** Coupe anatomique d'une feuille d'olivier observée au microscope optique G : 100.....47
- **Figure 33:** Coupe anatomique d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* observée au microscope optique G : 100.....48
- **Figure 34:** Coupe anatomique d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* observée au microscope optique G : 400 (à gauche) ; Coupe transversale d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* (Hughes) montrant la localisation du mycélium et son extension dans les tissus foliaires de l'hôte G : 400 (à droite) (Ouaza Khelouia, 2001).....49
- **Figure 35:** Conidies de *S.oleaginea* sur un trichome pelté d'olivier observées au microscope optique G : 400.....50
- **Figure 36:** Coupe anatomique de Clou de girofle observée au microscope optique G : 400.....50
- **Figure 37:** La croissance radiale des colonies de *S.oleaginea* après 5 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle, (a) : témoin (sans HE) ; (b) : à 5µl de clou de girofle ; (c) : à 7,5µl de clou de girofle ; (d) : à 10µl de clou de girofle ; (e) : à 5µl de genévrier ; (f) : à 7,5 de genévrier ; (g) : 10µl de genévrier ; (h) : à 5µl de citronnelle ; (i) : à 7,5µl de citronnelle ; (j) : à 10µl de citronnelle.....52
- **Figure 38:** Croissance radiale de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 5 jours d'incubation.....52
- **Figure 39:** La croissance radiale des colonies de *S.oleaginea* après 8 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle, (a) : témoin (sans HE) ; (b) : à 5µl de clou de girofle ; (c) : à 7,5µl de clou de girofle ; (d) : à 10µl de clou de girofle ; (e) : à 5µl de genévrier ; (f) : à 7,5 de genévrier ; (g) : 10µl de genévrier ; (h) : à 5µl de citronnelle ; (i) : à 7,5µl de citronnelle ; (j) : à 10µl de citronnelle.....53
- **Figure 40:** Croissance radiale de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 8 jours d'incubation .....54
- **Figure 41:** Solution contenant du glucose, extrait de pomme de terre et l'eau distillée.
- **Figure 42:** La pesée de 3,8 g de gélose sur la balance électrique (à gauche) ; des flacons contenant de gélose (à droite).
- **Figure 43:** Milieu PDA.
- **Figure 44:** Coupes fines de feuilles d'oliviers infectées par *S.oleaginea* (à gauche), de clou de girofle (à droite).

- **Tableau 1:** Stades phénologiques de l'olivier (Loussert et Brousse, 1978).....11
- **Tableau 2:** Diamètre moyen des colonies de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 5 jours d'incubation.....51
- **Tableau 3:** Diamètre moyen des colonies de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 8 jours d'incubation.....53
- **Tableau 4:** Univariate Tests of Significance for Diamètre (Spreadsheet2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition.
- **Tableau 5:** Newman-Keuls test; variable Diamètre (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,98835, df = 78,000.
- **Tableau 6:** Newman-Keuls test; variable Diamètre (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,98835, df = 78,000.

L. : Linné.

Cm : Centimètre.

Mm : Millimètre.

1<sup>er</sup> : Premier.

2<sup>ème</sup> : Deuxième.

Km : Kilomètre.

% : Pourcentage.

UPOV : Union internationale pour la protection des obtentions végétales.

COI: Conseil Oléicole International.

FAO: Food and Agriculture Organization.

Sp. : Species.

°C : Degré Celsius.

CMI : Concentrations minimales inhibitrices.

ICTF : Commission internationale de taxonomie des champignons.

*T.kotschyanus* : *Thymus kotschyanus*.

*S. pubescens* : *Stachys pubescens*.

*B. falcatum* : *Bupleurum falcatum*.

*T. daenensis* : *Thymus daenensis*.

*A. alternata* : *Alternaria alternata*.

Ml : Millilitre.

Mg : Milligramme.

*F. oxysporum* : *Fusarium oxysporum*.

*C. citratus* : *Cymbopogon citratus*.

Km<sup>2</sup> : Kilomètre carré.

Kg : Kilogramme.

PDA : Potato Dextrose Agar.

ANOVA : Analyse de la variance.

μl : Microlitre.

*S.oleaginea* : *Spilocaea oleaginea*.

HE : Huile essentielle.

G : Gramme.

H : Heures.

**Remerciements****Dédicace****Liste des figures****Liste des tableaux****Liste d'abréviations**

Introduction.....1

**Chapitre I : Généralités sur l'olivier**I.1.Présentation de l'olivier « *Olea europea* ».....3

I.2. Caractères taxonomiques et morphologiques de l'arbre.....3

I.2.1.Classification botanique de l'olivier.....3

I.2.2.Description de l'olivier.....4

I.2.3. Caractères morphologiques de l'olivier.....5

I.2.3.1. Système racinaire.....5

I.2.3.2 Organes aériens.....6

I.3.Cycle végétatif de l'olivier .....9

I.4.Cycle de développement de l'olivier.....13

I.5.Aire de répartition.....16

I.5.1.Répartition de l'olivier en Algérie.....16

I.6. Importance de l'olivier.....17

I.6.1.Importance mondiale.....17

I.6.2.Importance en Algérie.....17

I.6.3.Importance en Kabylie.....18

II. Principales maladies de l'olivier en Algérie.....18

---

II.1. La fumagine.....	19
II.2. Le pourridié.....	19
II.3. La verticilliose.....	20
II.4. L’anthracnose.....	21
II.5. La tuberculose de l’olivier.....	22
II.6. L’œil de paon de l’olivier.....	23
II.6.1.Définition et nomenclature.....	23
II.6.2. Symptômes de la maladie.....	23
II.6.3. Description de l’agent causal « <i>Spilocaea oleaginea</i> ».....	24
II.6.4.Classification de l’agent causal « <i>Spilocaea oleaginea</i> ».....	25
II.6.5.Cycle de développement de <i>Spilocaea oleaginea</i> .....	26
II.6.6. Facteurs de développement de l’agent pathogène.....	27
II.6.7. Méthodes de lutte.....	27
III. Les huiles essentielles .....	28
III.1. Définition des huiles essentielles .....	28
III.2.Rôle physiologique.....	28
III.3. Répartition des huiles essentielles dans le règne végétal.....	28
III.4. Localisation des huiles essentielles dans le règne végétal.....	29
III.5. Propriétés physiques des huiles essentielles.....	30
III.6. Composition chimique des huiles essentielles.....	31
III.6.1. Terpénoïdes.....	31
III.6.2.Composés aromatiques.....	33
III.6.3.Composés d’origines diverses.....	34

---

IV. Les huiles essentielles et la lutte biologique.....	34
IV.1. Définition de la lutte biologique.....	34
IV.2. Application des huiles essentielles en lutte biologique.....	34

## Chapitre II : Monographies des plantes

1. Citronnelle « <i>Cymbopogon citratus</i> » .....	36
1.1. Description.....	36
1.2. Classification.....	37
2. Clou de girofle « <i>Syzygium aromaticum</i> » .....	37
2.1. Description.....	37
2.2. Classification.....	38
3. Genévrier « <i>Juniperus oxycedrus</i> » .....	39
3.1. Description.....	39
3.2. Classification.....	40

## Chapitre III : Matériel et méthodes

I. Localisation de la zone d'échantillonnage.....	41
II. Matériel végétal.....	41
II.1. Echantillonnage des feuilles d'olivier.....	41
II.2. Prélèvement des feuilles de <i>Syzygium aromatique</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Cymbopogon citratus</i> .....	42
III. Traitement de matériel végétal.....	42
III.1. Mode d'extraction des huiles essentielles.....	43
IV. Isolement de l'agent pathogène.....	43
IV.1. Purification et obtention des isolats fongiques.....	44
V. Détermination de l'agent pathogène .....	44

VI. Etude de l'action des huiles essentielles sur le développement de champignon.....45

VII. Evaluation de la croissance radiale du phytopathogène.....46

VIII. Analyse statistique des données.....46

**Chapitre IV : Résultats et discussion**

I. Anatomie d'une feuille d'olivier saine.....47

II. Anatomie d'une feuille d'olivier infectée par *S.oleaginea*.....48

III. Action des huiles essentielles sur *S.oleaginea*.....51

Conclusion.....56

**Références bibliographiques**



# **Introduction**

---

## Introduction

L'olivier cultivé, originaire du bassin méditerranéen, considéré comme l'arbre emblématique de cette région, a profondément marqué la civilisation méditerranéenne (Breton et Bervillé, 2012), symbolisant paix, gloire et sagesse, et jouant un rôle essentiel dans l'économie locale en tant que pilier de l'activité agricole aux côtés de la vigne et du blé (Loussert et Brousse, 1978).

Aujourd'hui, l'olivier est cultivé mondialement sur environ 11 millions d'hectares, d'après les données du Conseil oléicole international, et il exerce un impact significatif sur les plans social, économique et environnemental (Breton et Bervillé, 2012).

Malgré sa robustesse, l'olivier peut être affecté par divers ravageurs tels que les champignons, les virus, les insectes, ou même par les interactions négatives avec d'autres arbres fruitiers, bien que ces ennemis soient généralement rares et causent peu de dégâts (Polese, 2009).

La lutte contre les parasites de l'olivier s'effectue facilement par l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse. Malheureusement, ces produits chimiques synthétiques ont un impact dangereux sur l'environnement et la santé animale. C'est ainsi que de nouvelles molécules biocides naturelles sont développées à partir d'organismes comme les plantes. Parmi ces biomolécules, les huiles essentielles ont pris une place de choix dans les investigations de ces dernières années.

Faustino de Andres Cantero (1965), dans son "Catalogue des parasites de l'olivier", a répertorié environ 250 parasites différents de l'olivier, incluant 110 espèces d'insectes, 90 espèces de champignons et 5 bactéries (Loussert et Brousse, 1978).

En Algérie, en raison du manque de recherches sur la tavelure de l'olivier et des dégâts récurrents, notre étude initiale visait à cartographier la distribution de cette maladie pour optimiser les stratégies de lutte antifongique (Ouaza Khelouia, 2001).

Notre travail est subdivisé en 4 chapitres : Le premier est consacré à une revue bibliographique sur l'olivier, les maladies de l'olivier, les huiles essentielles et la lutte biologique, le deuxième chapitre portera sur les monographies des plantes étudiées, vient le

3<sup>ème</sup> chapitre dans lequel est développé le matériel et méthodes suivi du 4<sup>ème</sup> chapitre développant la partie résultats et discussion et enfin nous terminons par une conclusion.

C'est dans ce contexte que notre étude s'inscrit sur l'évaluation de l'effet des huiles essentielles de *Syzygium aromaticum*, *Juniperus oxycedrus* et *Cymbopogon citratus* sur la croissance de *Spilocaea oleaginea*, agent de l'œil de paon, qui affaiblit les arbres en provoquant des défoliations importantes (Loussert et Brousse, 1978). Le *cycloconium*, particulièrement problématique sous influence maritime (Argenson et al., 1999), affecte environ trois oliveraies sur cinq en Espagne, couvrant ainsi 1,4 million d'hectares (Loussert et Brousse, 1978).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right. The text is centered within this scroll.

# **Chapitre I : Généralités sur l'olivier**

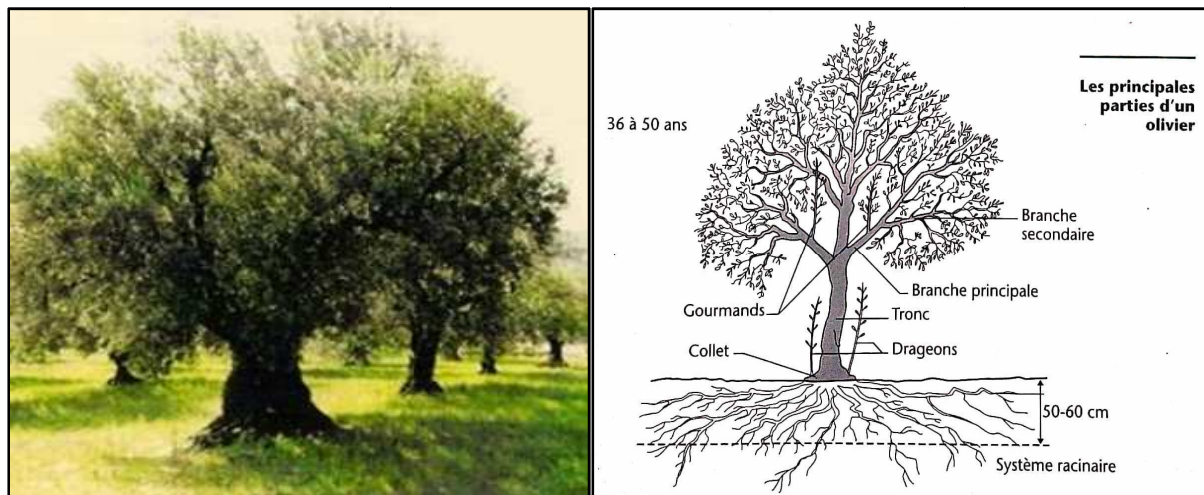
## Chapitre I : Généralités sur l'olivier

### I.1. Présentation de la plante

L'olivier, scientifiquement connu sous le nom « *Olea europea* », est un arbre à feuilles persistantes de nature semi-tropicale, cultivé dans les régions au climat méditerranéen en raison de la qualité de ses olives. Ces dernières sont utilisées pour produire une huile recherchée, largement utilisée dans les régions méditerranéennes et au-delà.

Depuis l'Antiquité, l'olivier a suscité un vif intérêt en raison de sa culture, permettant de profiter de ses récoltes et de son huile, ainsi que pour des fins décoratives (Petruzzello, 2019).

Grâce à ses racines qui ont une capacité d'absorption d'eau supérieure à celle des autres arbres, l'olivier s'adapte remarquablement aux terrains arides. De plus, il résiste efficacement à la sécheresse grâce à ses feuilles qui stockent l'eau lorsqu'il pleut, et se rétractent pour bloquer la photosynthèse en cas de chaleur prolongée intense (Anonyme, 2012). Figure 1.



**Figure 1:** Présentation d'arbre d'olivier (à gauche) ; principales parties d'un olivier (à droite).  
(Argenson et al., 1999).

### I.2. Caractères taxonomiques et morphologiques

La nomenclature courante de l'olivier trouve ses origines dans deux racines méditerranéennes distinctes. D'une part, le terme non grec "oleum", qui est d'origine égéenne, a été directement adopté en latin sous la forme "olea". D'autre part, le nom hébreu "Zait" ou "Sait" a été transmis à l'arabe en tant que "Zaitun" (Pagnol, 1975 ; in Bellahcene, 2004).

#### I.2.1. Classification botanique

Selon Cordeiro et al. (2006), l'olivier fait partie de la famille des Oléacées et du genre *Olea*, qui regroupe 35 espèces. Toutes ces espèces possèdent le même nombre de chromosomes ( $2n = 46$ ). Parmi elles, on trouve *Olea europea* L., qui se divise en deux sous-

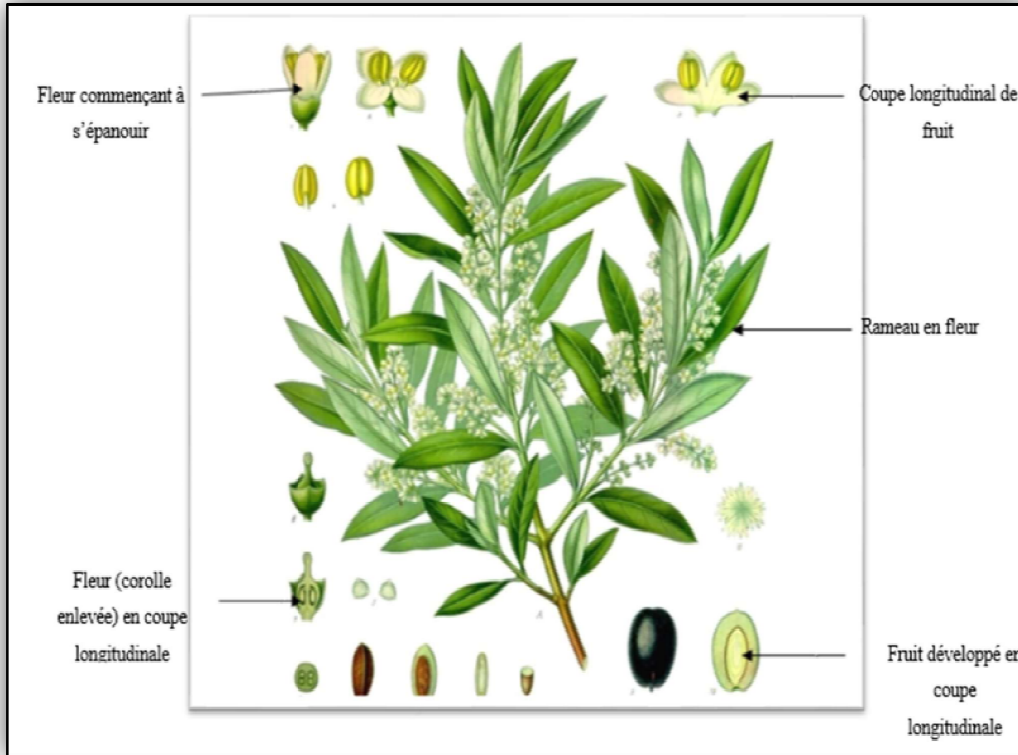
espèces : l'Oléastre (oléastre) et la Sativa (olivier) (C.O.I., 1998). *Olea europea L.* est l'espèce la plus courante, principalement concentrée dans le bassin méditerranéen (Loussert et Brousse, 1978 ; Breton et Bervillé, 2012).

Selon Breton (2006), la classification de l'olivier (*Olea europea L.*) basée sur la systématique moléculaire est la suivante :

- **Règne :** Plantae
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Ordre :** Scrophulariales (Cl. Classique)  
Lamiales (Cl. Phylogénétique)
- **Famille :** Oleaceae
- **Genre :** *Olea*
- **Espèce :** *Olea europaea*

### **I.2.2. Description de l'olivier**

L'olivier est un arbre ou arbuste qui atteint généralement une hauteur moyenne de 3 à 7 mètres et possède un bois dur. Il a une croissance lente et une longue durée de vie. Son tronc est tordu et de couleur grise, avec une écorce crevassée. Les rameaux sont nombreux et courts. Les feuilles sont opposées, persistantes, coriaces et ont une forme ovale ou ovale-lancéolée. Les inflorescences se présentent sous la forme de petites grappes denses dressées au sommet des rameaux, composées de fleurs subsessiles. Les fleurs sont petites, avec un tube à quatre lobes de couleur blanche. Chaque fleur a deux étamines et deux carpelles (Malek, 2019). Le fruit de l'olivier est une drupe de forme ovale et commence par être vert avant de devenir noir à maturité. Sa longueur peut atteindre entre 1 et 2,5 centimètres (Wright et al., 2007). Son noyau est épais, fusiforme, très résistant et dur. (Malek, 2019). C'est à partir de ce noyau dur que l'on extrait le mésocarpe riche en huile (Wright et al., 2007). Figure 2.

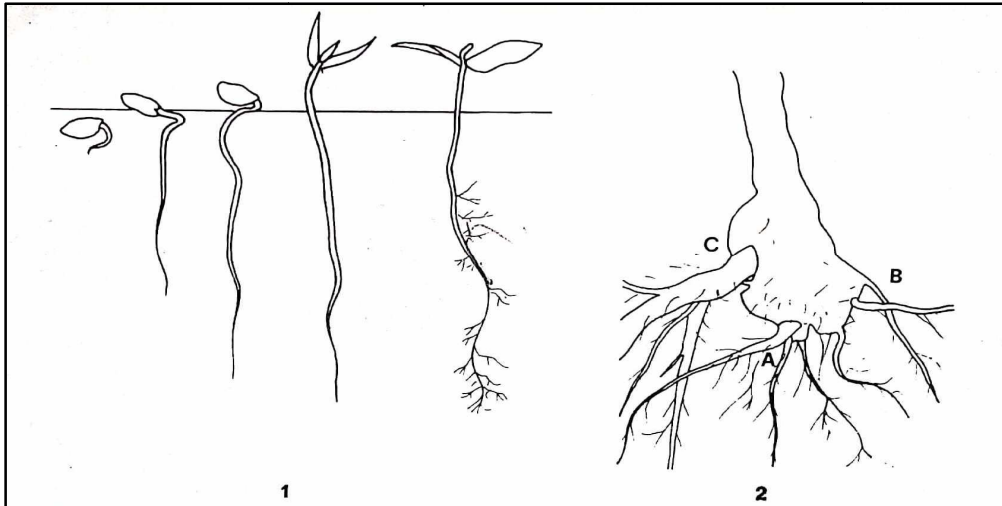


**Figure 2:** Morphologie des feuilles et fruits d'olivier (Chevalier, 1948 ; Malek, 2019).

### **I.2.3. Caractères morphologiques de l'olivier**

#### **I.2.3.1. Système racinaire**

L'olivier possède un système racinaire puissant et très développé, ce qui lui permet de maintenir sa vitalité et de s'adapter aux différentes profondeurs ainsi qu'aux caractéristiques physiques et chimiques spécifiques du sol (Boukhezna, 2008). Généralement, ce système se trouve sous le tronc, à une profondeur de 50 à 70 cm (Argenson et al., 1999). Lors de la germination, la jeune plante développe une racine pivotante. À maturité, l'olivier a généralement deux ou trois racines pivotantes qui pénètrent profondément dans le sol. À partir de ces racines pivotantes, un système racinaire peu profond se développe latéralement, produisant des racines secondaires et des radicelles qui peuvent explorer une grande surface de sol (Kasraoui, 2010). Grâce à son système racinaire fasciculé, l'olivier est en mesure d'assurer une absorption efficace de l'eau et des nutriments nécessaires à la croissance de l'arbre. Figure 3.



**Figure 3:** Développement du système racinaire de l'olivier (d'après A. Morettini, 1947) : 1) Germination du noyau d'olivier ; 2) Evolution du système racinaire d'un olivier de semis : A- système racinaire à la plantation, B- système racinaire secondaire, C- nouvelle racine émise à partir des excroissances du collet (Loussert et Brousse, 1978).

### I.2.3.2. Organes aériens

#### ➤ Tronc

Le tronc joue un rôle essentiel en tant que support principal de l'arbre (Figure 4). Lorsqu'il s'agit d'un jeune arbre, le tronc est droit, cylindrique et sa surface est lisse, tandis que son écorce est mince et présente une teinte gris verdâtre. Au fur et à mesure qu'il vieillit, le tronc devient noueux (développe des nœuds), fendu et élargit à la base (se fissure et se développe à la base). Sa teinte évolue vers un gris foncé, et il développe des cordes, ce qui contribue à enrichir sa texture (Loussert et Brousse, 1978).



**Figure 4:** Le tronc de l'olivier (Bolmont et al., 1998).

### ➤ Rameaux

Les rameaux sont des branches issues de la croissance de l'année en cours ou de l'année précédente. Leur teinte est gris verdâtre, et leur développement s'est étendu tout au long du printemps et de l'automne. Leur longueur varie en fonction de la vigueur de l'arbre et de la variété, atteignant quelques dizaines de centimètres. Ces rameaux portent des fleurs qui se transforment ensuite en fruits (Loussert et Brousse, 1978).

Au fil du temps, leur teinte se transforme en un gris brun. Par la suite, ces rameaux se développent en un bois extrêmement dur et compact, qui présente une couleur jaune fauve marbrée de brun (Maillard, 1975).

### ➤ Feuilles

Le feuillage de l'olivier se compose de feuilles disposées de manière opposée sur les rameaux, affichant une teinte gris-vert (Bottani, 2011) (Figure 5). Ces feuilles sont de petite taille, mesurant entre 3 et 8 cm de long pour une largeur de 1 à 2,5 cm (Villa, 2003). Elles ont une épaisseur notable et une forme lancéolée, et elles demeurent sur l'arbre pendant environ trois ans. Les nouvelles feuilles apparaissent au printemps et se développent jusqu'à la fin de l'été. Elles se caractérisent par une face supérieure brillante, arborant un vert intense qui reflète la lumière du soleil, tandis que la face inférieure est d'un gris terne, recouverte de poils retenant la moindre humidité. C'est cette particularité qui confère au feuillage un aspect argenté rendant ainsi l'olivier facilement reconnaissable (Bottani, 2011).



**Figure 5:** Feuilles d'olivier (Bolmont et al., 1998).

## ➤ Fleurs

La fleur est caractérisée par son hermaphrodisme. En effet, on y trouve à la fois deux étamines, qui représentent les organes mâles, et un pistil, qui représente l'organe femelle. En terme de taille, cette fleur est très petite, mesurant généralement entre 3 et 5 mm. Sa corolle se compose de quatre pétales blanchâtres reliés entre eux à la base. Les fleurs apparaissent individuellement, mais elles sont également regroupées en grappes, appelées "boutons", qui peuvent contenir de 4 à 6 ramifications secondaires et de 10 à 40 fleurs. Elles commencent à se développer au début du printemps à partir des bourgeons floraux situés à l'aisselle des feuilles (Villa, 2003). Figure 6.



**Figure 6:** Fleurs d'olivier (Bolmont et al., 1998).

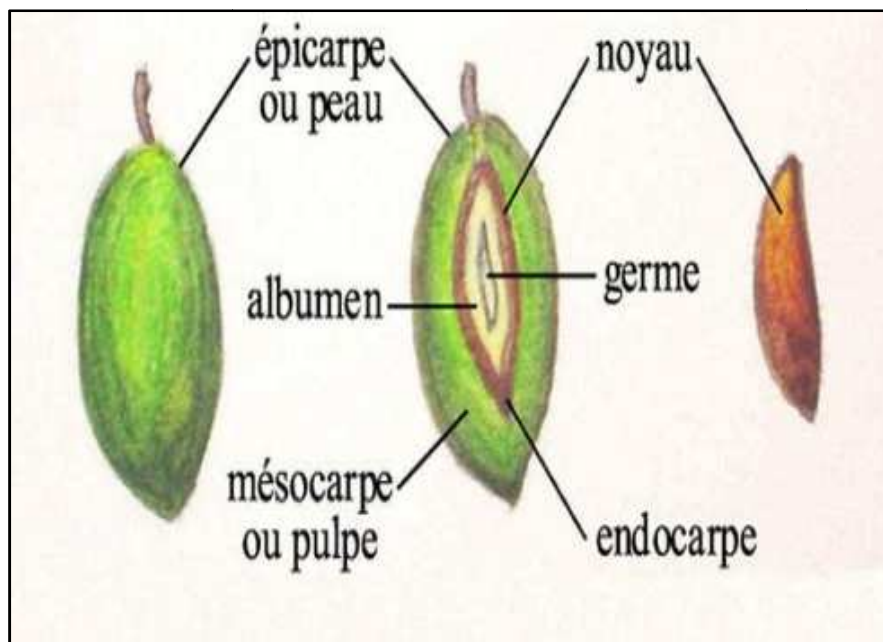
Les recherches réalisées par Amirouche (1977), ont révélé que la caractéristique hermaphrodite des fleurs de l'olivier peut varier en fonction des variétés. Au sein d'un même arbre, on peut parfois constater trois types de fleurs :

- Les fleurs complètes, également appelées monoclines, possèdent des organes reproducteurs normaux tels que des pistils et des étamines. Elles sont capables de produire des fruits et des graines.
- Les fleurs stériles, connues sous le nom de déclinaées, présentent des étamines avec du pollen mais elles ne possèdent pas de pistils fonctionnels.
- D'autres fleurs sont caractérisées par la présence d'étamines normales et de pistils anormaux.

### ➤ Fruit

La forme de l'olive est une drupe charnue, avec une apparence ovoïde. Elle est d'abord verte, puis devient noire à pleine maturité (Terral et al., 1996), tout en renfermant une quantité significative d'huile (villa, 2003). Ses dimensions varient en fonction des différentes variétés (Saad, 2009).

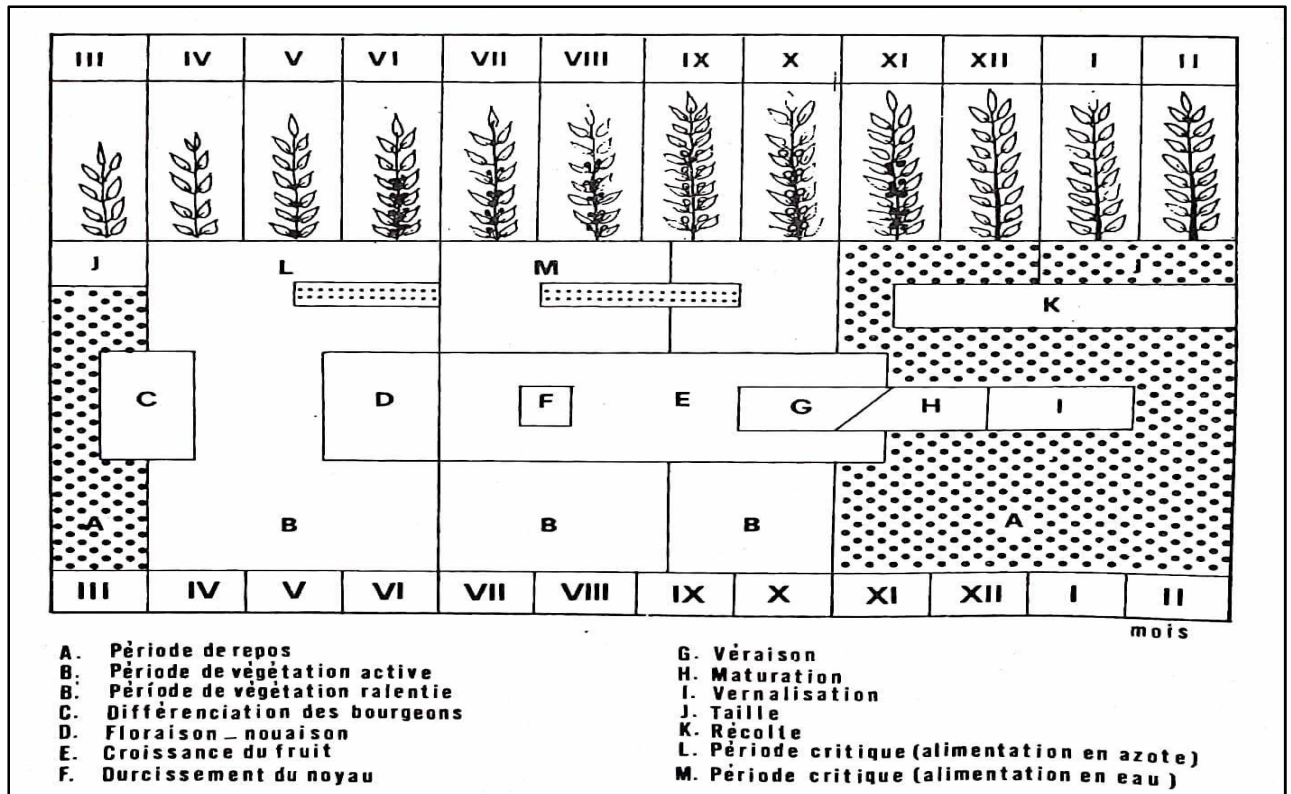
L'olive est constituée, de l'extérieur vers l'intérieur, d'un épicarpe, d'un mésocarpe dont les cellules commencent à se gorger d'huile à partir du mois d'août, et d'un endocarpe renfermant une graine (villa, 2003). Figure 7.



**Figure 7:** Schéma d'une coupe transversale d'un fruit d'olivier (Rossini, 1999).

### I.3. Cycle végétatif annuel de l'olivier

Le cycle de croissance annuel de l'olivier est étroitement lié aux conditions climatiques de la région où il pousse, qui est typiquement caractérisée par un climat méditerranéen, figure 8.




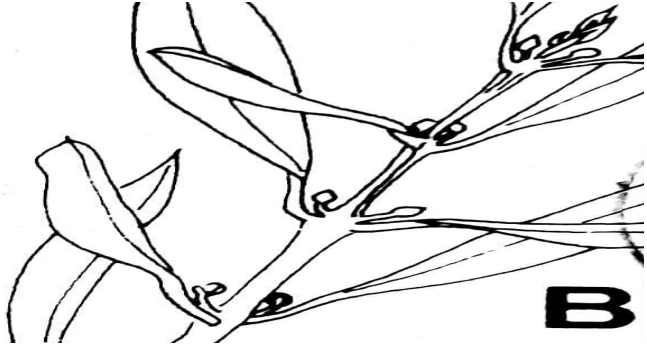

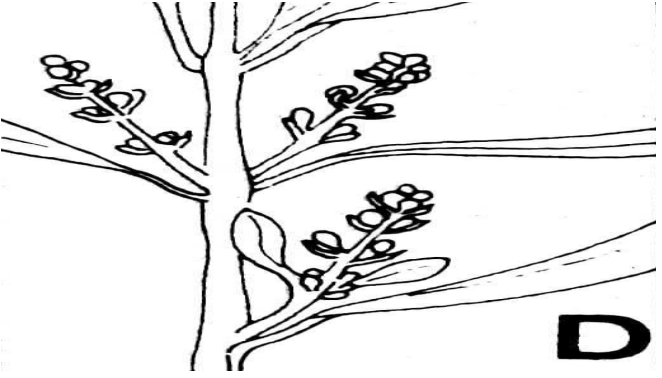
**Figure 8:** Cycle végétatif annuel de l'olivier sous les conditions de climat méditerranéen

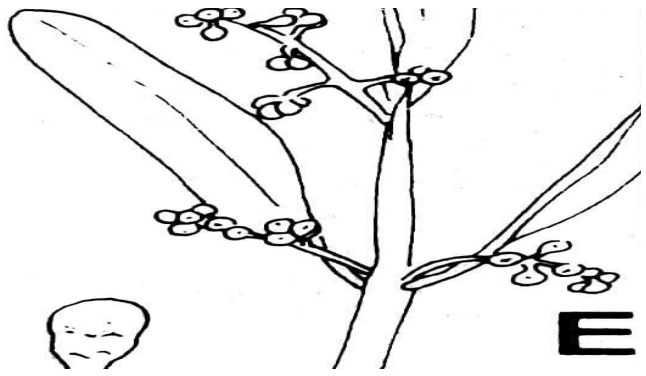
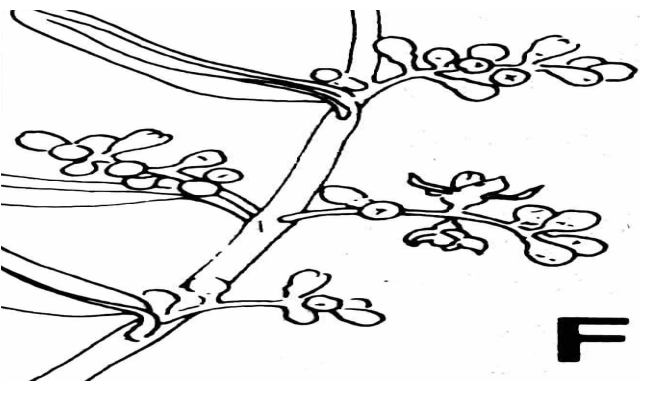
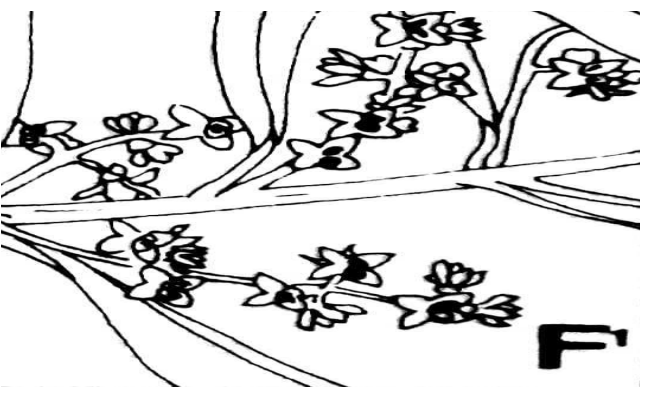

(d'après F. Pansiot et H. Rebour. « L'amélioration de la culture de l'olivier », 1960, p.21).


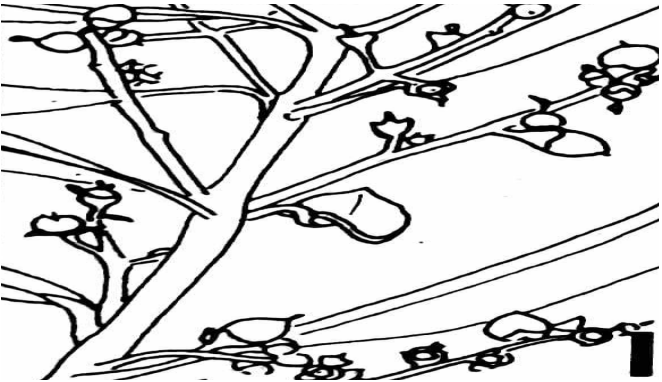

L'olivier entre en période de repos hivernal de novembre à février. Pendant cette période, le bourgeon terminal et les bourgeons axillaires sont inactifs sur le plan végétatif. Au printemps, entre mars et avril, l'olivier se réveille et de nouvelles pousses apparaissent à l'extrémité des branches, tandis que les bourgeons axillaires éclosent. La floraison a lieu entre mai et juin. À ce stade, les grappes florales se forment, suivies de la nouaison des jeunes fruits. Ensuite, les fruits grossissent, atteignant parfois une longueur de 8 à 10 cm pour certaines variétés. En octobre, les fruits arrivent à maturité et la teneur en huile cesse de s'enrichir (Loussert et Brousse, 1978).

Dans le tableau 1, les différents stades du cycle végétatif de l'olivier sont présentés.

**Tableau 1** : Stades phénologiques de l'olivier (Loussert et Brousse, 1978).

Stade	Image
Stade hivernal	
Réveil végétatif	
Formation des grappes florales	
Gonflements des boutons floraux	

<p><b>Différenciation des corolles</b></p>	 <p>Diagram E shows an olive branch with several clusters of small, rounded flower buds. A magnified view of a single bud is shown in the bottom left corner. A large letter 'E' is in the bottom right corner.</p>
<p><b>Début de floraison</b></p>	 <p>Diagram F shows the olive branch with the flower buds beginning to open, showing the initial petals. A large letter 'F' is in the bottom right corner.</p>
<p><b>Pleine floraison</b></p>	 <p>Diagram G shows the olive branch in full bloom, with many flowers fully open and showing their five petals. A large letter 'G' is in the bottom right corner.</p>
<p><b>Chute des pétales</b></p>	 <p>Diagram H shows the olive branch after the petals have fallen, leaving only the ovary and style visible. A large letter 'H' is in the bottom right corner.</p>

<p><b>Nouaison</b></p>	
<p><b>Grossissement des fruits (1<sup>er</sup> stade)</b></p>	
<p><b>Grossissement des fruits (2<sup>ème</sup> stade)</b></p>	

#### **I.4. Cycle de développement de l'olivier**

L'olivier est connu pour sa longévité remarquable, pouvant atteindre jusqu'à 1000 ans. Cependant, au cours de sa vie, Loussert et Brousse (1798) ont identifié quatre grandes périodes distinctes, qu'ils ont divisées de la manière suivante :

➤ **La période de jeunesse (1-7 ans) :**

La période d'élevage et de croissance du jeune plant de l'olivier débute en pépinière et se poursuit dans le verger jusqu'à ce que le jeune arbre soit prêt à produire des fruits. Cette période est marquée par une multiplication cellulaire très active, principalement au niveau du

système racinaire. Elle s'étend généralement de la première à la septième année de vie de l'arbre. Figure 9.



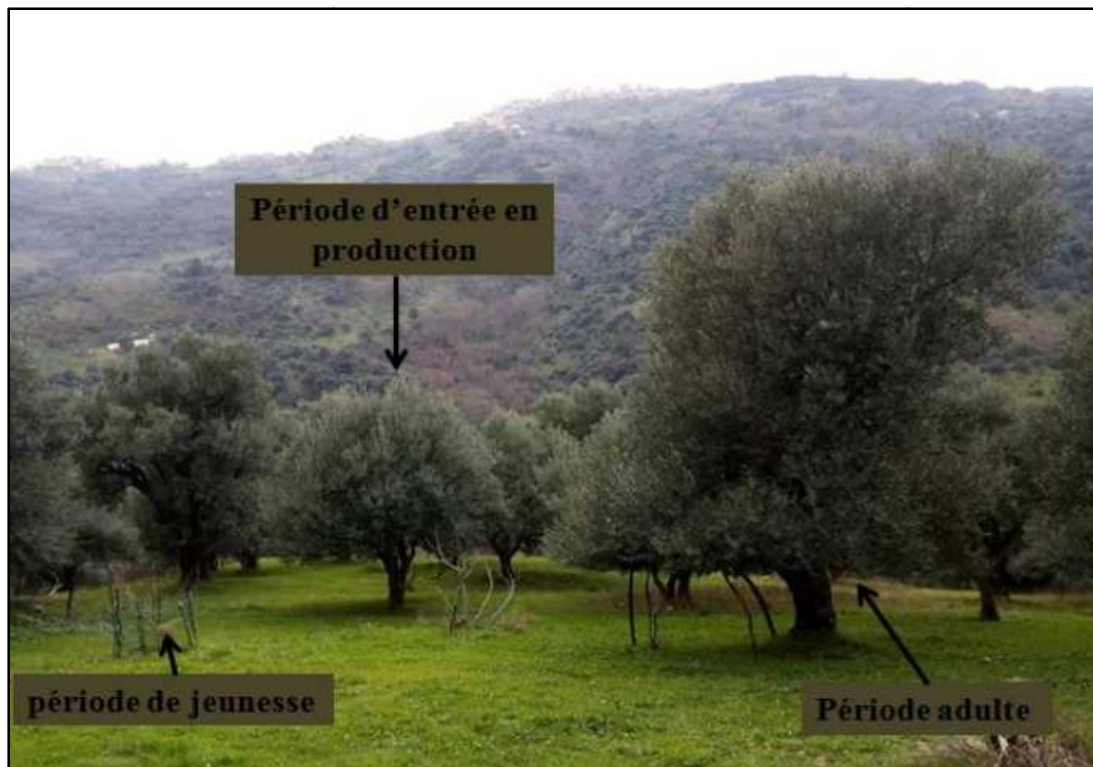
**Figure 9 :** Jeune olivier (Bolmont et al., 1998).

➤ **La période d'entre en production (7-35 ans) :**

C'est une phase intermédiaire qui se situe entre la phase de jeunesse et la phase adulte de l'olivier. Elle commence lorsque les premiers fruits apparaissent et se poursuit jusqu'à ce que l'arbre soit capable d'établir une production régulière et significative. Figure 10.

➤ **La période adulte (35-100 ans) :**

C'est le moment où l'olivier est à pleine capacité de production, atteignant sa taille de développement optimale, et où un équilibre est établi entre la croissance végétative et la fructification de l'arbre. Figure 10.



**Figure 10:** Oliviers à différentes périodes de leur vie (période de jeunesse, d'entrée en production et adulte). (Ain El Hammam, 2020).

➤ **La période de sénescence (au-delà de 150 ans) :**

C'est la période de vieillissement, où l'on observe une diminution graduelle des rendements de récolte au fil du temps. Figure 11.

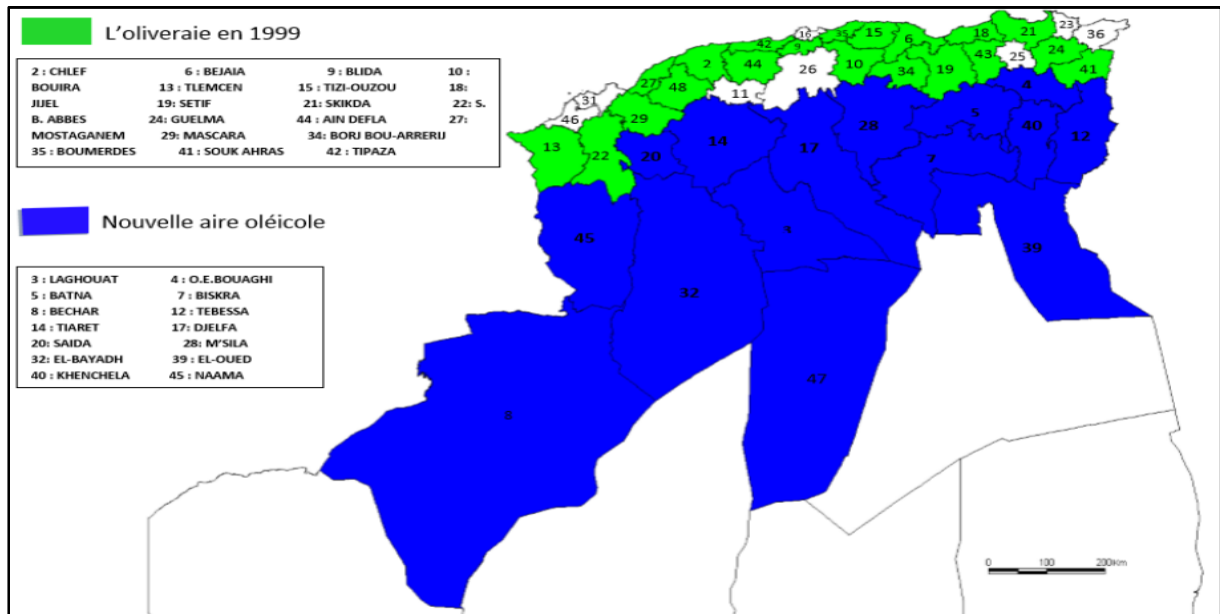


**Figure 11:** Olivier en période de sénescence (Anonyme, 2014).

## I.5. Aire de répartition

### I.5.1. Répartition en Algérie

L'olivier prospère principalement dans les régions côtières, situées à une distance de 8 à 100 km de la mer, où il bénéficie des conditions idéales pour sa croissance. En 2009, l'olivier était cultivé sur une superficie totale de 310 000 hectares (Khoumeri, 2009), répartie sur l'ensemble du territoire, la figure 12.



**Figure 12:** Carte oléicole d'Algérie (Khoumeri, 2009).

La majorité des zones dédiées à la culture de l'olivier se situent dans des régions montagneuses et des collines, couvrant une superficie totale de 195 000 hectares. Ces zones comprennent également les plaines occidentales du pays (Mascara, Sig, Relizane...) ainsi que des vallées telles que la vallée de la Soummam. Cette superficie a significativement augmenté grâce à la mise en œuvre d'un programme national promouvant le développement intensif de l'oléiculture dans les régions steppiques, présahariennes et sahariennes telles que Msila, Biskra et Ghardaïa. Ce programme a permis d'accroître la production nationale d'olives et de réduire la dépendance aux importations (Khoumeri, 2009).

La wilaya de Tizi-Ouzou dispose d'une superficie totale de 35 912 hectares consacrée à la culture de l'olivier. Cette région se distingue par ses oliveraies de montagne, qui ont une longue histoire et sont cultivées selon des pratiques traditionnelles. Elles jouent un rôle prépondérant dans la production d'huile d'olive. Ces oliveraies sont souvent situées sur des terrains accidentés, avec des sols pauvres et des précipitations limitées. Elles se caractérisent par une grande diversité de matériel oléicole, avec une prédominance de la variété chamlal (Daoudi, 1994).

## **I.6. Importance de l'olivier**

### **I.6.1. Importance mondiale**

L'olivier se classe au 24<sup>ème</sup> rang parmi les 35 espèces les plus cultivées au monde, avec une superficie d'environ 9,6 millions d'hectares (FAO, 2012). Actuellement, le nombre d'oliviers cultivés à l'échelle mondiale dépasse les 900 millions, mais le bassin méditerranéen demeure son lieu privilégié, abritant près de 95% des oliveraies à travers le monde (Benhayoun et Lazzeri, 2007).

L'oléiculture joue un rôle crucial dans l'économie agricole de nombreux pays méditerranéens. D'après le Conseil oléicole international (2021), la consommation mondiale d'huile d'olive a connu une augmentation ces dernières années, ce qui a créé une demande croissante et ouvert de nouvelles opportunités économiques pour les producteurs d'huile d'olive. Selon les informations de l'Organisation Mondiale du Tourisme (2021), le tourisme rural lié à l'olivier contribue à l'économie locale en engendrant des revenus grâce à des services tels que l'hébergement, les visites guidées, les dégustations et la commercialisation de produits dérivés de l'olive. En plus de l'huile d'olive, les olives sont également utilisées dans la fabrication d'autres produits alimentaires tels que les olives de table, les pâtes d'olive, les tapenades et les conserves. Ces produits suscitent une demande mondiale, ce qui ouvre des possibilités économiques pour les entreprises spécialisées dans la transformation et la commercialisation des olives (UPOV). De plus, divers produits cosmétiques, notamment les crèmes, lotions, savons et shampooings, intègrent de l'huile d'olive parmi leurs ingrédients (COI, 2021).

### **I.6.2. Importance en Algérie**

Comme c'est le cas dans de nombreux pays méditerranéens, l'olivier occupe une place prépondérante parmi les espèces fruitières cultivées en Algérie. Sa présence s'étend sur une superficie de 431 009 hectares, abritant plus de 23 millions d'arbres, ce qui représente plus de 50 % du patrimoine arboricole national (Missat, 2012).

La production d'huile d'olive est influencée par les conditions météorologiques et demeure une pratique agricole traditionnelle. Grâce à sa grande capacité d'adaptation à tous les niveaux climatiques, cette espèce est présente dans toutes les wilayas du Nord du pays. En conséquence, dans certaines régions, la culture des oliviers constitue une activité agricole dynamique, créant des emplois tout en assurant l'approvisionnement des installations de pressage et des conserveries d'olives (Achour, 1995).

L'olivier joue un rôle crucial dans les efforts de relance économique de notre pays. En plus de ses fonctions essentielles dans la lutte contre l'érosion, la valorisation des terres agricoles et la stabilisation des populations dans les régions montagneuses, il occupe une place de choix dans l'agriculture algérienne.

La pratique de la culture de l'olivier en Algérie remonte à l'Antiquité et continue d'être une source de revenus importante pour les populations rurales. En effet, cette culture représente plus de la moitié de l'ensemble des vergers arboricoles du pays (Khoumeri, 2009).

### **I.6.3. Importance en Kabylie**

L'olivier, également connu sous le nom d'azemmour en kabyle, est une espèce ancienne originaire du bassin méditerranéen. Cet arbre représente un patrimoine à la fois berbère et national et occupe une place très spéciale dans le cœur des Kabyles et des Berbères. Cette communauté attache une valeur profonde à cet arbre, allant jusqu'à préférer sacrifier sa propre vie plutôt que de voir un azemmour abattu, car il transcende sa simple existence en tant qu'olivier ordinaire. En effet, il incarne une identité et une histoire, revêtant un caractère sacré.

Par ailleurs, pendant les périodes de guerre et de famine, il a été une source vitale de nourriture pour la population, aux côtés des figuiers qui fournissaient des figes fraîches et, surtout, des figes sèches. Ainsi, cet arbre a joué un rôle crucial en assurant la subsistance des personnes et en les aidant à traverser des périodes difficiles (Ait mouloud).

Il est considéré comme un patrimoine transmis de génération en génération, indépendamment du terrain sur lequel il pousse. Chaque composant de l'olivier est exploité de manière exhaustive : les olives servent à extraire une précieuse huile, qui trouve sa place tant dans l'alimentation quotidienne que dans les rituels de beauté féminins. Les feuilles et les olives endommagées sont dédiées à l'alimentation des animaux, permettant ainsi une utilisation intégrale des ressources disponibles. Les grignons, quant à eux, sont employés comme source de chauffage, procurant chaleur et confort aux foyers. De plus, le bois de l'olivier est utilisé dans la fabrication d'outils, de vaisselle, et même de supports d'écriture tels que des tablettes (Laporte et al., 2013).

## **II. Principales maladies de l'olivier**

Comme toutes les plantes, l'olivier est vulnérable aux maladies, et parmi celles-ci, les infections fongiques sont parmi les problèmes les plus fréquents auxquels il peut être confronté. On distingue :

- La fumagine

- Le pourridié
- La verticilliose
- L'anthracnose
- La tuberculose de l'olivier
- L'œil de paon

## II.1. La fumagine

Cette maladie est également désignée sous le nom de "noir de l'olivier" en raison de la présence d'une substance noire en forme de poudre qui recouvre les feuilles des arbres infectés.

La fumagine est causée par un groupe de champignons comprenant *Capnodium*, *Cladosporium* et *Alternaria*... Ces champignons se développent sur les résidus collants, tels que les miellats et les excréments, produits par certains ravageurs, notamment la cochenille noire ou les psylles. Les mycéliums se forment à la surface des feuilles et des rameaux sans pénétrer dans les tissus (Loussert et Brousse, 1978 ; Argenson et al., 1999). Cela peut entraîner la formation d'une sorte de poussière noire (Figure 13), similaire à de la suie, qui peut recouvrir l'ensemble de la plante. Cet écran peut stopper la photosynthèse en entravant la fonction chlorophyllienne des feuilles, ce qui peut conduire à un affaiblissement de l'arbre par asphyxie (loussert et brousse, 1978).



**Figure 13:** la fumagine (Afidol, 2013).

## II.2. Le pourridié

Le pourridié ou « pourriture des racines de l'olivier », est une maladie mortelle pour l'olivier. Elle est causée par deux champignons présents dans le sol : *Rossellinia necatrix* et *Armillaria mellea*. Le premier développe un mycélium de couleur rose au niveau du collet de l'arbre et des racines, tandis que le second développe un mycélium blanc (Nasles, 2013).

Ces champignons sont principalement trouvés dans des sols froids, denses et compactés, tels que les sols marneux ou les sols à argile vertique. Si un jeune verger est établi sur un terrain où des arbres contaminés ont poussé précédemment, il sera également affecté par l'infestation, à moins que le sol ne soit désinfecté, ce qui entraîne des coûts élevés (Loussert et Brousse, 1978). Figure 14.



**Figure 14:** Le pourridié de l'olivier (Gerbeaud, 2023).

### II.3. La verticilliose

La verticilliose ou « maladie du dépérissement de l'olivier » est une maladie fongique bien connue qui est causée par un champignon du sol appelé *Verticillium dahliae*. Elle est répandue dans de nombreuses régions du globe (Loussert et Brousse, 1978).

En règle générale, les cryptogames n'affectent qu'une portion spécifique de l'arbre, telle qu'une branche ou une partie du tronc située à proximité (Argenson et al., 1999).

Les feuilles touchées se replient légèrement vers la nervure centrale sur leur face inférieure, passant d'une couleur verte vive à un brun clair, avant de se dessécher complètement (Figure N°15, A). Les branches, les feuilles, les fleurs ou les fruits restent suspendus sur les parties touchées (Figure N°15, B). Les attaques sont soudaines et peuvent être accompagnées d'une émission importante de repousses, soit au niveau du sol près de l'arbre, soit à la base de la branche principale infestée (Figure N°15, C). (Loussert et brousse, 1978).



**Figure 15:** Symptômes de la verticilliose de l'olivier. A : Aspect des feuilles d'olivier au début de l'apoplexie ; B : Fruits momifiés et attachés aux rameaux malades (Azabou et al., 2020) ; C : décoloration brun foncé du xylème dans la section transversale d'un tronc affecté par le flétrissement verticillien (Benzina et al., 2016).

#### II.4. L'anthraxose

L'anthraxose, également connue sous le nom d'olive savonneuse ou momifiée (Alexandre et Alexandre, 2021), est une maladie fréquente de l'olivier, qui est causée par un champignon phytopathogène appelé *Colletotrichum sp.* (Anonyme, 2017). De plus, les chancres associés à cette maladie se caractérisent par des bords soulevés, et provoque la destruction de l'assise cambiale et du collenchyme (Prabhu et al., 1992) (Figure 16).



**Figure 16:** Symptômes et signes typiques de l'antracnose de l'olivier sur les fruits à maturité (A), conduisant à la momification des fruits (B) et, lors d'épidémies sévères, à la défoliation (C) (Talhinhas et al., 2018).

## II.5. La tuberculose de l'olivier

Cette maladie bactérienne est largement répandue dans tout le bassin méditerranéen (Loussert et Brousse, 1978). Il s'agit d'une bactériose causée par *Pseudomonas savastanoi*. Le diagnostic sur le terrain de cette maladie est simple, car elle se manifeste par la formation de tubercules, qui sont des tumeurs de forme plus ou moins sphérique. Ces tubercules ont généralement un diamètre compris entre un et cinq centimètres, en fonction de la taille de l'organe touché (Figure 17). Les arbres affectés ne succombent pas à la maladie, mais ils deviennent affaiblis par celle-ci (Breton et Bervillé, 2012).



**Figure 17:** La tuberculose de l'olivier : Tumeurs formées sur les rameaux (à gauche) ;  
Tumeurs formées sur le tronc (à droite) (Boulssen et Bourraoui, 2016).

## II.6. L'œil de paon de l'olivier

### II.6.1. Définition et nomenclature

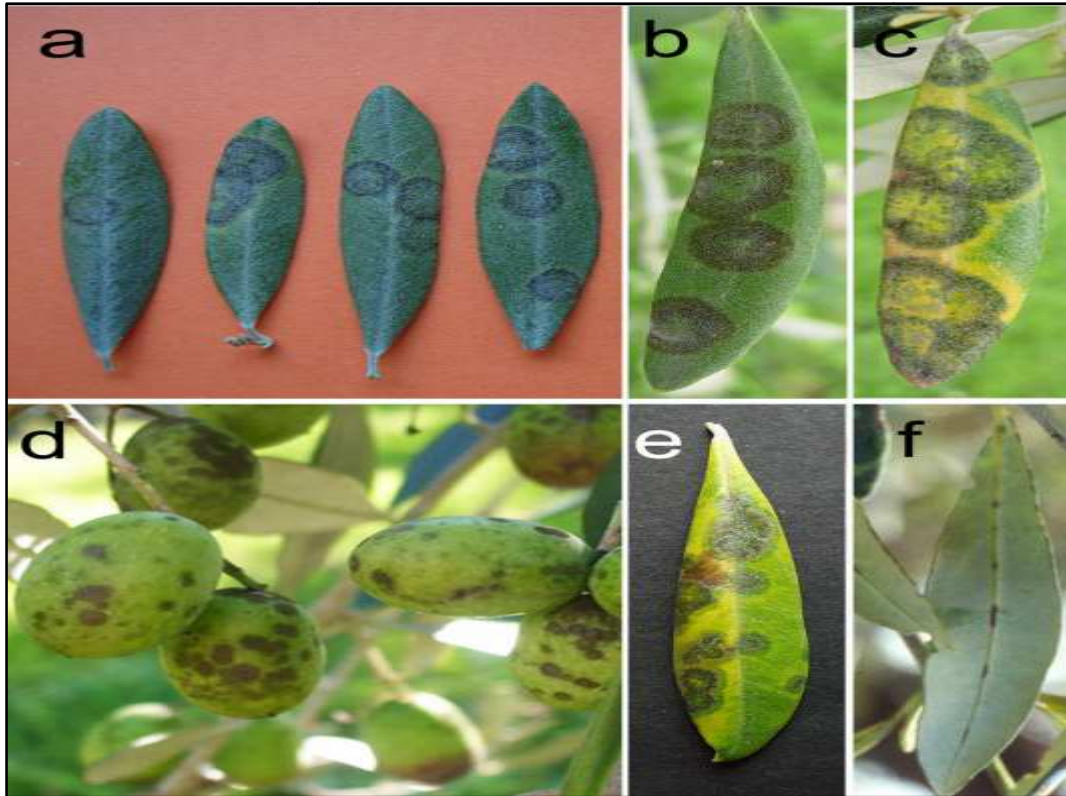
L'œil-de-paon, aussi connu sous le nom de *Cycloconium oleaginum* par Castagne, est une maladie cryptogamique largement répandue à travers de nombreuses régions du monde. Elle est attribuée au champignon *Spilocaea oleaginea* (Breton et Bervillé, 2012). Parmi toutes les maladies fongiques, c'est celui qui inflige le plus de dégâts aux arbres en les affaiblissant à travers les importantes défoliations qu'elle peut engendrer. Elle est ainsi nommée en raison des taches circulaires typiques qu'elle engendre sur les feuilles, évoquant l'aspect d'un œil sur une plume de paon (Loussert et Brousse, 1978).

Elle est connue sous le nom de « Tavelure de l'olivier » en français, « Olive scab » en anglais, « Repilo de olivo » en espagnol, « Occhio di pavone » en italien (Breton et Bervillé, 2012).

### II.6.2. Symptôme de la maladie

Le *S. oleaginea* attaque les feuilles de l'olivier, particulièrement la face supérieure, et provoque la formation de taches circulaires (Figure N°18, a). Ces taches présentent une coloration variant du brun au jaunâtre (Figure N°18, c) et au verdâtre (Figure N°18, e), avec un diamètre allant de 2 à 3 mm jusqu'à 1 cm. Au bout d'un certain temps, ces taches se recouvrent de spores, ce qui leur confère une teinte brun noirâtre (Figure N°18, b). Une fois les spores dispersées, une couche d'air se forme entre la cuticule endommagée et les tissus sous-jacents de la feuille, ce qui confère à la tache une teinte blanchâtre. La face inférieure de la feuille ne présente pas de taches circulaires (Figure N°18, f), mais on observe plutôt un assombrissement de la nervure centrale (Loussert et Brousse, 1978). Le pétiole subit un

étranglement, ce qui entraîne le jaunissement suivi de la chute de la feuille. L'attaque se produit fréquemment sur les pédoncules des fruits (Figure N°18, d), ce qui provoque leur chute. Ces chutes se différencient de celles causées par *Prays oleae*, car dans ce cas, le pédoncule reste attaché au fruit, tandis que *Prays oleae* provoque le détachement du pédoncule du fruit (Argenson et al., 1999).



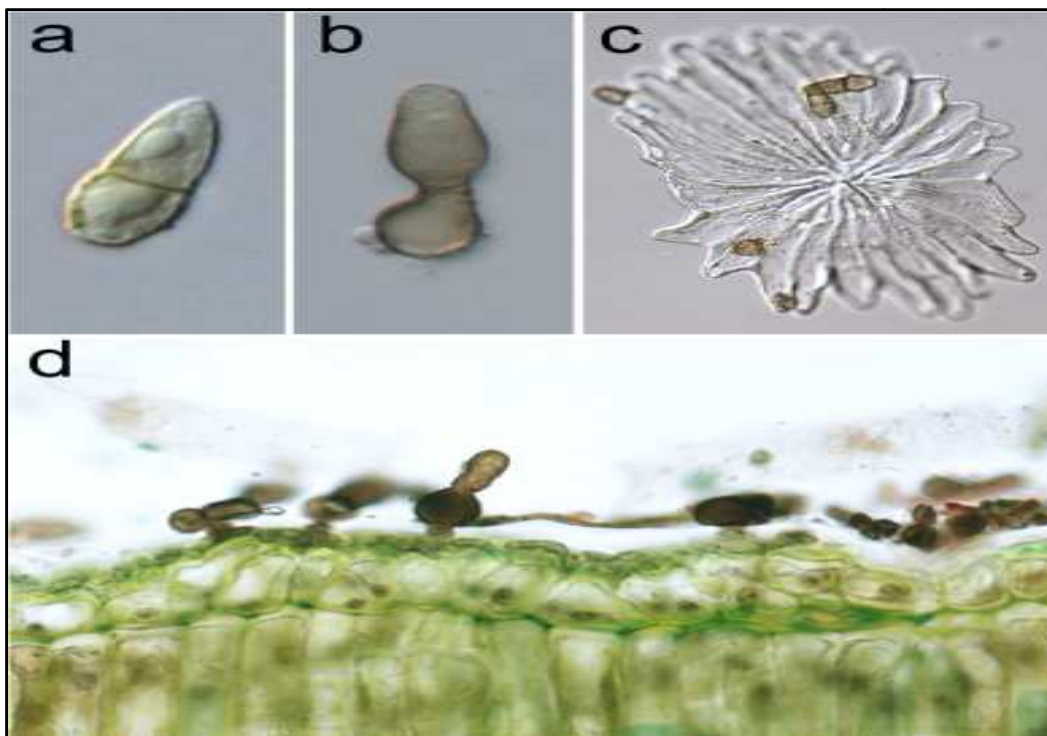
**Figure 18:** Symptômes et signes causés par *Venturia oleaginea* dans les oliviers.

(a) : taches circulaires uniformément colorées en vert brun sur la face supérieure des feuilles ;  
 (b) anneaux concentriques qui sont vert olive, gris, brun foncé du centre à la périphérie sur la face supérieure des feuilles ; (c) des auréoles jaunes entourant les taches foliaires ; (d) taches brunes veloutées sur les drupes olive ; (e) des îlots verts entourant les taches foliaires ; (f) stries brun foncé sur la nervure principale de la face inférieure des feuilles (Buonauro et al., 2023).

### II.6.3. Description de l'agent causal « *Spilocaea oleaginea* »

La forme asexuée de *Venturia oleaginea* (Figure 19), se caractérise par des conidies ovales-pyriformes de couleur brune-olivâtre. Elles sont tronquées à la base et effilées vers le sommet, souvent divisées en une ou deux cellules par des septations (Figure N°19, a). Les conidies mesurent généralement entre 15 et 30 micromètres de longueur et entre 9 et 15 micromètres de largeur. Les conidiophores sont solitaires et émergent à travers la cuticule à partir de cellules hyphales. Ils peuvent avoir différentes formes : subglobuleuses avec un diamètre de 8

à 10 micromètres (Figure N°19, d), ou ampulliformes de 10 à 25 micromètres de longueur et de 5 à 7 micromètres de largeur, voire jusqu'à 15 micromètres de largeur à la base. Les conidiophores sont dressés, droits, non ramifiés et généralement aseptés. Ils présentent une couleur brun moyen à foncé, avec une teinte plus claire vers l'extrémité supérieure. Les conidiophores peuvent être lisses ou généralement rugueux, et ils ont des parois épaisses. Les conidiophores se réduisent à des cellules conidiogènes, qui possèdent un seul, rarement deux ou trois sites de formation de conidies (loci conidiogènes) (Figure N°19, b). La prolifération des conidiogènes est percurrente et peut présenter jusqu'à sept anneaux visibles (Buonauro et al., 2023 ; In Schubert et al., 2003).



**Figure 19:** *Venturia oleaginea* structures anamorphiques. (A) Conidie ovalpyriforme uniseptée ; (B) conidiophore subglobuleux produisant une conidie à son sommet, des annellations sont visibles au sommet de la cellule conidiogène ; (C) les conidies sur un trichome pelté d'olivier (le trichome représente une entrée via et peut fonctionner comme un parachute pour propager la maladie) ; (D) coupe de feuille d'olivier montrant la présence du mycélium dans la couche cuticulaire. (Buonauro et al., 2023).

#### II.6.4. Classification de l'agent causal « *Spilocaea oleaginea* »

L'agent responsable de la maladie des moindres carrés ordinaires a été initialement appelé *Cycloconium oleaginum* (Buonauro et al., 2023 ; In Castagne, 1845). Par la suite, il a été classé dans le genre *Spilocaea* sous le nom de *Spilocaea oleaginea* (Buonauro et al., 2023 ;

In Hughes, 1953 ; In Graniti, 1993), puis dans le genre *Fusicladium* sous le nom de *Fusicladium oleagineum* (Buonaurio et al., 2023 ; In Schubert et al., 2003). Plus récemment, le nom *Venturia oleaginea* (Buonaurio et al., 2023 ; In Castagne, 1845) Rossman & Crous a été proposé en se basant sur la phylogénie du champignon, avec l'approbation de la Commission internationale de taxonomie des champignons (ICTF). Cette commission recommande un nom à utiliser parmi les genres pléomorphes (Buonaurio et al., 2023 ; In Rossman et al., 2015).

*V. oleaginea* est classé selon Buonaurio et al., 2023 , comme suit :

- **Règne :** Fungi
- **Classe :** Dothideomycètes
- **Sous-classe :** Pleosporomycetidae
- **Ordre :** Venturiales
- **Genre :** *Venturia*
- **Espèce :** *Venturia oleaginea*

#### **II.6.5. Cycle de développement de *Spilocaea oleaginea***

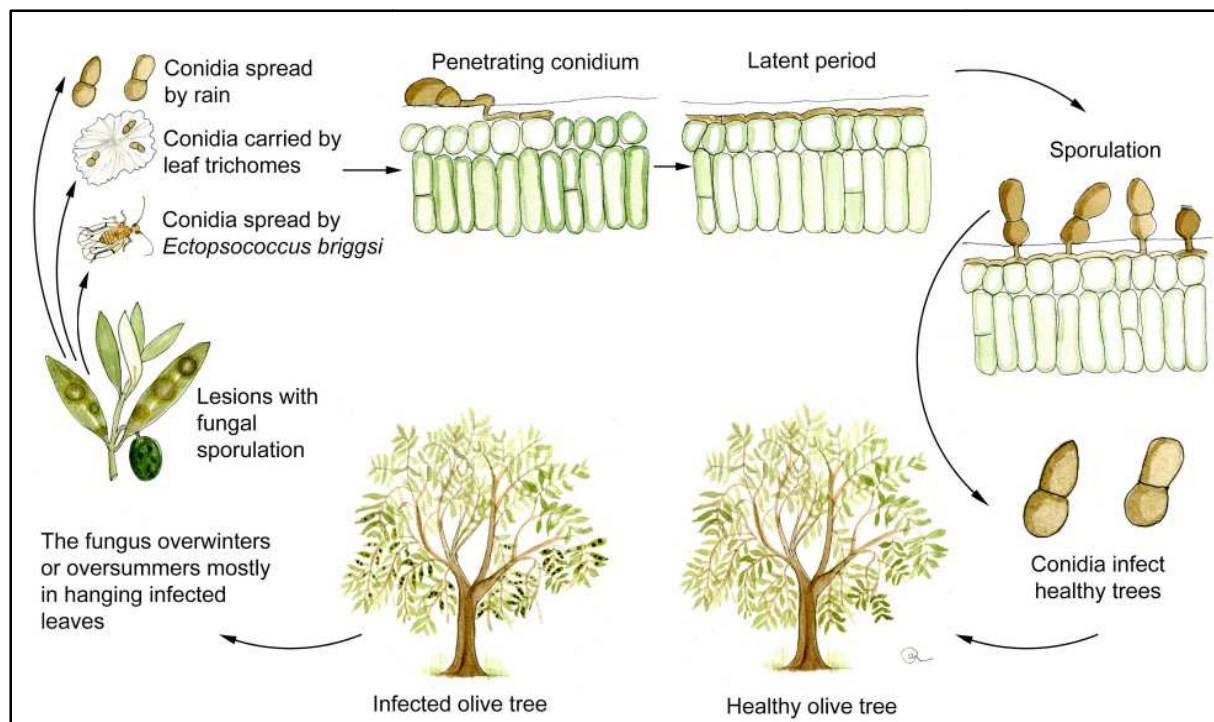
Le mycélium, situé sous la cuticule, provoque la rupture de celle-ci en générant des spores asexuées appelées conidies. Lorsqu'il pleut, ces conidies sont dispersées soit par l'impact des gouttes, soit par l'écoulement d'une feuille à une autre.

Les conidies, après leur dispersion, amorcent leur germination en développant un filament germinatif qui pénètre la cuticule de l'hôte, provoquant ainsi une infection.

Une fois l'infection établie, un mycélium se forme entre la cuticule et l'épiderme de l'hôte.

Après l'infection, une période de latence s'ensuit, dont la durée dépend de la température et est d'environ deux semaines à une température optimale de 16 à 21°C.

Les conidies, produites sur de courts conidiophores, sont libérées avec force en déchirant la cuticule, marquant ainsi le début d'un nouveau cycle (Breton et Bervillé, 2012) (Figure 20).



**Figure 20:** Cycle de développement de *Spilotoxoa oleaginea* (Buonauro et al., 2023).

### II.6.6. Facteurs de développement de l'agent pathogène

L'activité fongique est fortement réduite en dessous de 5°C et complètement stoppée au-dessus de 25°C. Par conséquent, l'épidémie se manifeste principalement au printemps, en automne et pendant une partie de l'hiver dans les régions méditerranéennes. La gravité de la maladie est influencée par le nombre de cycles de reproduction du champignon, qui à son tour dépend des conditions climatiques de l'année dans une zone géographique spécifique (Breton et Bervillé, 2012), telles qu'une température optimale comprise entre 12 et 15°C, et une humidité relative élevée (Loussert et brousse, 1978).

### II.6.7. Méthode de lutte

Il est conseillé, en se basant sur le cycle biologique, d'effectuer une lutte préventive à base d'oxychlorure ou de sulfate de cuivre au printemps et à l'automne. En fin d'hiver, l'application de bouillie bordelaise est également une mesure préventive efficace. De plus, ces traitements entraînent la chute des feuilles déjà contaminées, ce qui contribue à une action éradiquante (Argenson et al., 1999).

Le renouvellement du traitement au printemps doit être conditionné par les conditions climatiques : il est recommandé de renouveler les traitements après chaque accumulation de 20 à 25 millimètres de pluie (Argenson et al., 1999 ; In Regis, 1998).

Actuellement, il y a une tendance vers l'adoption généralisée de traitements aériens (par avion ou hélicoptère). Des expérimentations ont été réalisées initialement en Italie, puis au

Maroc, et plus récemment en Espagne. Le produit fongicide utilisé contient du cuivre et du zinèbe à des concentrations de 0,5 % et 0,65 % respectivement. Ce liquide est non miscible à l'eau, s'évapore lentement et a une densité élevée de 1,3 (Loussert et Brousse, 1978).

L'épandeur utilisé est soit un avion, soit un hélicoptère équipé de micronaires qui produisent un brouillard extrêmement fin, avec des gouttelettes d'un diamètre compris entre 50 et 100 microns. Seulement dix à quinze litres de produit sont nécessaires pour traiter un hectare, permettant ainsi d'obtenir un rendement horaire élevé (Loussert et Brousse, 1978 ; In Fourcaud, 1971).

### **III. Les huiles essentielles**

#### **III.1. Définition**

Chaque fois qu'un pétale de fleur, une feuille, une branchette ou toute autre partie d'une plante est écrasé, cela entraîne la libération d'un parfum, ce qui indique la présence d'une huile essentielle qui s'est dégagée.

Les huiles essentielles, également connues sous le nom d'essences, sont des mélanges de composés aromatiques produits par diverses plantes. Elles se trouvent sous forme de petites gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches et le bois.

Les huiles essentielles se trouvent en quantités minimales par rapport à la masse de la plante. Elles possèdent un parfum distinctif et sont hautement volatiles, ce qui signifie qu'elles s'évaporent rapidement dans l'air (Bekhechi et Abdelouahid, 2014 ; In Padrini et Lucheroni, 1996).

#### **III.2. Rôle physiologique**

Le rôle des huiles essentielles n'a pas été pleinement établi. Certains considèrent qu'elles sont des sous-produits métaboliques ou des déchets du métabolisme. Cependant, il est suggéré que les plantes utilisent leurs huiles essentielles pour repousser les insectes, ou inversement, pour les attirer et favoriser la pollinisation.

D'autres auteurs estiment que les huiles essentielles peuvent être considérées comme une ressource énergétique, facilitant certaines réactions chimiques. De plus, elles jouent un rôle important dans la préservation de l'humidité requise pour la survie des plantes exposées à des climats désertiques (Bekhechi et Abdelouahid, 2014 ; In Belaïche, 1979).

#### **III.3. Répartition des huiles essentielles dans le règne végétal**

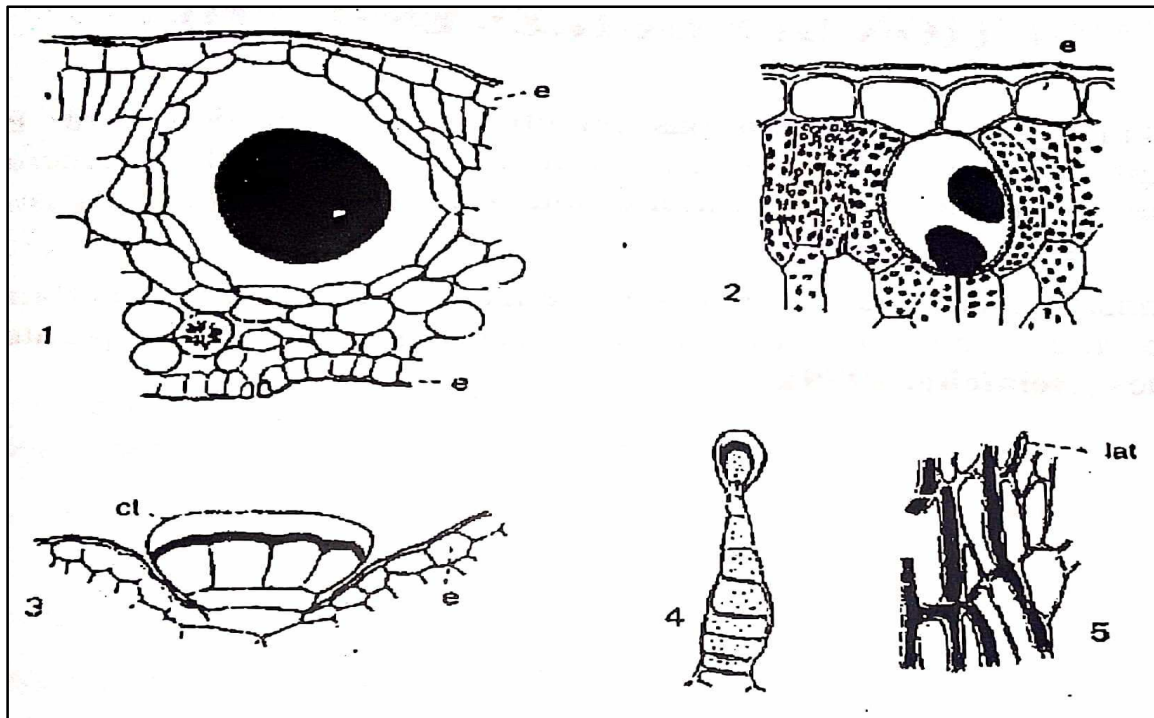
Les huiles essentielles sont principalement présentes chez les végétaux supérieurs. Parmi les quelques 500 000 plantes présentes sur Terre, environ 10 000 d'entre elles possèdent des propriétés médicinales (Bekhechi et Abdelouahid, 2014 ; In Encyclopédie, 2001).

Les familles de plantes qui possèdent la capacité de produire les composants constitutifs des huiles essentielles sont restreintes à quelques genres, tels que *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Zingiberaceae*, *Piperaceae*, et d'autres.

Les huiles essentielles peuvent être présentes et stockées dans divers organes végétaux. Elles se trouvent principalement dans les fleurs, telles que celles du bergamotier et de la tubéreuse. Cependant, on les retrouve également dans les feuilles, comme la citronnelle, l'eucalyptus et le laurier noble. Bien que moins courant, certaines huiles essentielles peuvent également être extraites des écorces, telles que le cannelier, ou encore du bois, comme le bois de rose et le santal. Les racines, comme le vétiver, ainsi que les rhizomes, tels que le curcuma et le gingembre, peuvent également contenir des huiles essentielles. De plus, les fruits, comme la toute-épice, l'anis et la badiane, ainsi que les graines, telles que la muscade, peuvent également renfermer des huiles essentielles. Bien que tous les organes d'une même espèce puissent contenir une huile essentielle, il est important de noter que sa composition peut varier en fonction de la localisation (Bruneton, 1999).

#### **III.4. Localisation des huiles essentielles dans le règne végétal**

Les plantes médicinales et aromatiques présentent des structures glandulaires très développées sur tout leur appareil aérien, à l'exception des racines. Cependant, il est observé que la densité la plus élevée de ces glandes se trouve sur le limbe des feuilles. Il est donc important de noter que les huiles essentielles sont produites à l'intérieur du cytoplasme de certaines cellules, puis libérées sous forme de petites gouttelettes par un processus appelé synérèse, qui fusionnent pour former des zones plus ou moins étendues de sécrétions glandulaires. Ensuite, les huiles essentielles sont accumulées sous la cuticule, dans les poils glandulaires sécréteurs présents sur les deux épidermes des feuilles et sur les tiges, pendant la période allant de l'épanouissement des feuilles hors du bourgeon jusqu'à ce qu'elles atteignent le stade de feuilles adultes. Cela souligne l'importance significative de la cuticule dans le stockage des huiles essentielles (Bekhechi et Abdelouahid, 2014 ; In Perrin et Colson, 1983) (Figure 21).



**Figure 21:** Quelques exemples d'appareil sécréteur (Bekhechi et Abdelouahid, 2014).

1, poche sécrétrice dans une feuille d'*Eucalyptus globulus* (Myrtacées) ; 2, cellule isolée située sous l'épiderme, e, de la feuille de *Sassafras officinale* (Lauracées) ; 3, poil de Menthe poivrée (*Mentha piperita*, Lamiacées) : l'essence (en noir) s'accumule sous la cuticule, et, très épaisse ; 4, poil de Patchouli (Pogostemon, Lamiacées) ; 5, laticifères, lat, dans la racine d'un Salsifis (Astéracées). (Guignard, 1996).

### III.5. Propriétés physiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles se caractérisent par plusieurs propriétés physiques partagées : elles sont liquides à température ambiante et volatiles, ce qui les distingue des huiles "fixes". Elles ont généralement une couleur transparente ou légèrement teintée, et leur densité est souvent inférieure à celle de l'eau (bien que certaines huiles essentielles telles que celles de sassafras, de girofle ou de cannelle constituent des exceptions à cette règle). Elles se caractérisent par leur indice de réfraction élevé et leur capacité à dévier la lumière polarisée. Elles sont solubles dans les solvants organiques courants, ce qui les rend liposolubles.

Ces substances peuvent être capturées par la vapeur d'eau et ont une faible solubilité dans l'eau. Cependant, elles sont tout de même suffisamment solubles pour conférer à l'eau une odeur distincte. Cette eau est connue sous le nom "d'eau distillée florale"(Bruneton, 1999).

### III.6. Composition chimique des huiles essentielles

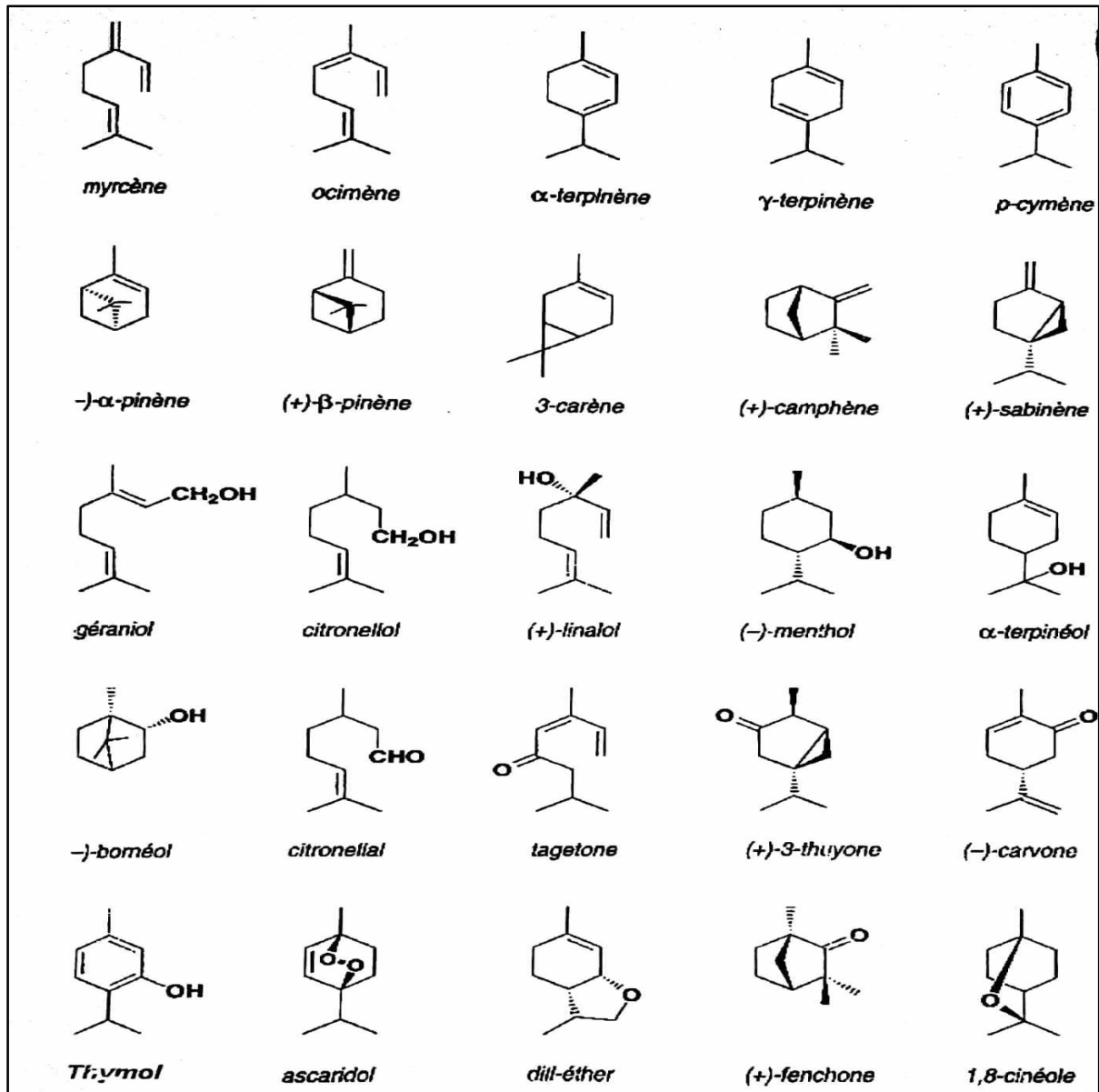
Les huiles essentielles sont des mélanges complexes et hautement variables de composés qui appartiennent principalement à deux groupes distincts en termes d'origine biogénétique. D'une part, il y a le groupe des terpénoïdes, et d'autre part, le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, qui sont beaucoup moins courants. Elles peuvent aussi contenir différents produits provenant de processus de dégradation impliquant des composants qui ne s'évaporent pas. (Bruneton, 1999).

#### III.6.1. Terpénoïdes

Le groupe le plus significatif est celui des terpènes, qui englobe les monoterpènes (molécules composées de 10 atomes de carbone), les sesquiterpènes (molécules composées de 15 atomes de carbone), et ainsi de suite. Les terpènes sont des composés organiques qui se composent d'un multiple de 5 atomes de carbone, avec une formule générale de  $(C_5H_8)_n$ . L'unité de base de ces composés est l'isoprène (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

##### ➤ Monoterpènes

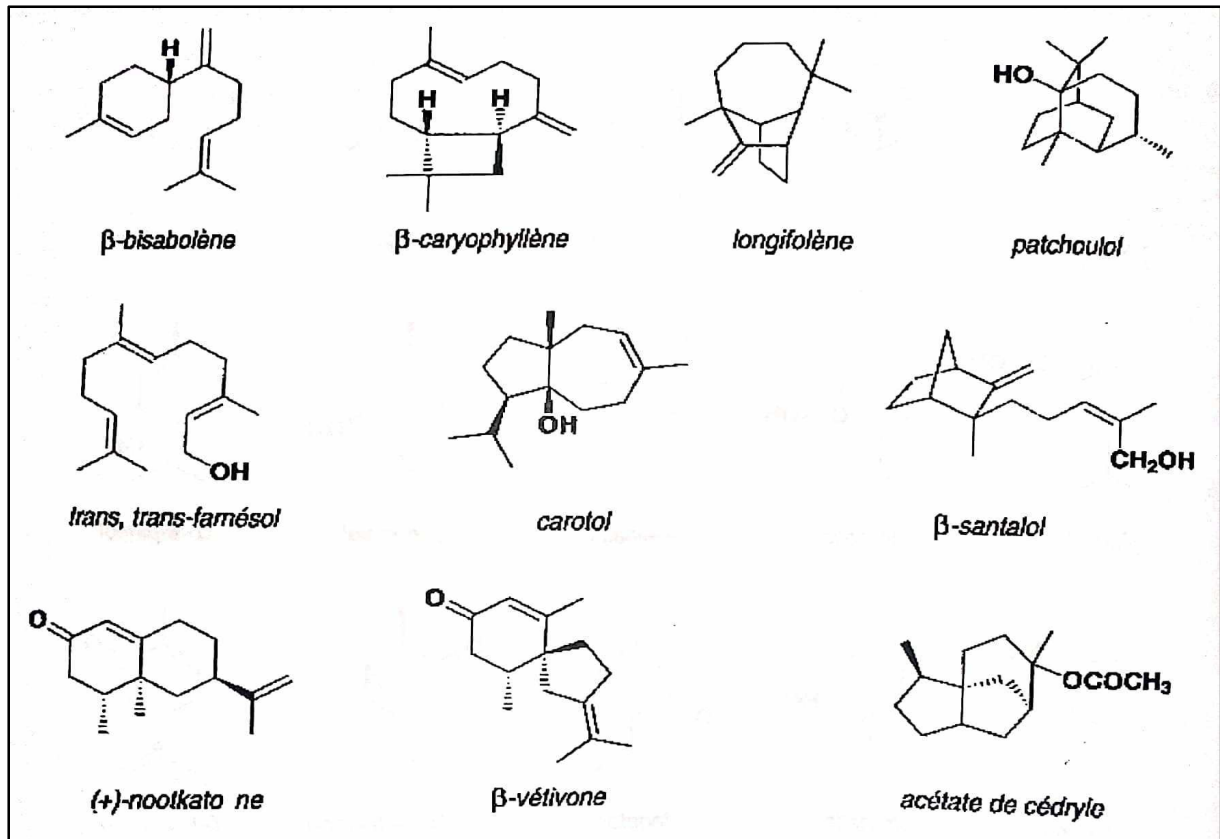
Les monoterpènes sont des hydrocarbures aliphatiques, pouvant être saturés ou insaturés (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012). Ce sont les constituants les plus simples de la série des terpènes et ils résultent de la combinaison de deux unités "isopréniques". Les monoterpènes peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. Dans certaines huiles essentielles, ils peuvent constituer plus de 90% de la composition totale (citrus) (Voir figure 22). En raison des variations structurales, on trouve de nombreuses formes de monoterpènes, telles que des alcools, des phénols, des aldéhydes, des cétones, des esters et des éthers (Bekhechi et Abdelouahid, 2014 ; In Bruneton, 1999).



**Figure 22:** Exemples de structures de monoterpènes acycliques et cycliques rencontrées dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999).

➤ **Sesquiterpènes**

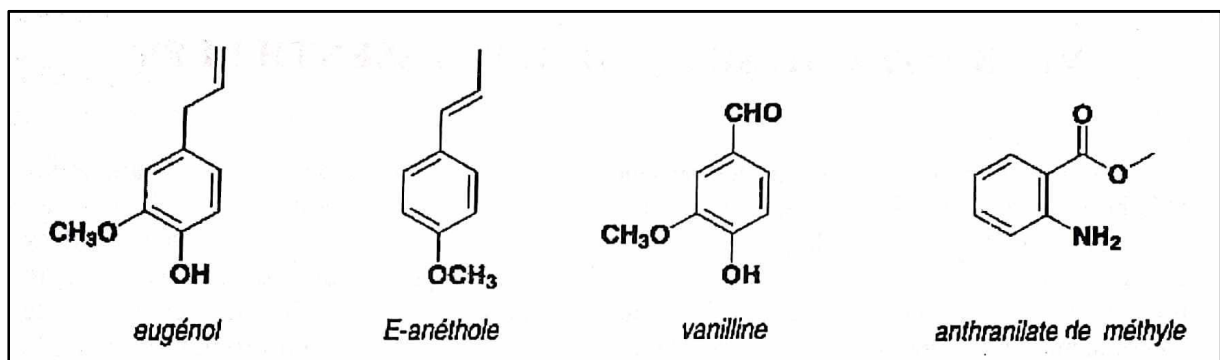
Un grand nombre de sesquiterpènes (Voir figure 23) se retrouvent couramment dans les huiles essentielles des plantes supérieures, et ils peuvent jouer un rôle dans les propriétés pharmacologiques attribuées à ces fractions volatiles. Sur le plan biologique, de nombreuses structures sesquiterpéniques sont des phytoalexines, c'est-à-dire des substances produites par les plantes en réponse à des attaques pathogènes. D'autres sesquiterpènes semblent agir comme des régulateurs de croissance, tandis que certains attirent les insectes, tandis que d'autres ont un effet antinutritif sur les insectes en agissant contre eux (Bekhechi et Abdelouahid, 2014 ; In Bruneton, 1999).



**Figure 23:** Exemples de structures de sesquiterpènes rencontrés dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999).

### III.6.2. Composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>) sont moins courants que les terpènes mentionnés précédemment. Ils consistent principalement en allyles et propénylphénols, ainsi que parfois en aldéhydes. Dans les huiles essentielles, on peut également trouver des composés en (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>) tels que la vanilline ou l'antranilate de méthyle (Voir figure 24) (Bekhechi et Abdelouahid, 2014).



**Figure 24:** Exemples de structures de composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999).

### III.6.3. Composés d'origines diverses

Ces substances sont issues de la transformation de molécules initialement non volatiles. Elles sont souvent impliquées dans la création des arômes des fruits. De plus, les concrètes et les absolues peuvent contenir ces composés en raison de leur processus de fabrication, tout comme les huiles essentielles lorsqu'elles sont extraites par entraînement à la vapeur d'eau (Bruneton, 1999).

## IV. Les huiles essentielles et la lutte biologique

### IV.1. Définition de la lutte biologique

La lutte biologique, dans son sens large, consiste à contrôler les organismes nuisibles en utilisant d'autres organismes vivants ou des substances dérivées d'organismes vivants. Dans son sens étroit, connu sous le nom de "lutte biologique classique", elle se base uniquement sur l'utilisation d'organismes vivants qui agissent en tant qu'antagonistes ou compétiteurs. Son principe repose sur l'exploitation par l'homme d'une relation naturelle entre un animal consommant une ressource végétale bénéfique pour l'espèce humaine et un autre organisme, souvent un parasite, un prédateur ou un agent pathogène, qui se nourrit du premier organisme, le tuant à plus ou moins brève échéance. (Regnault-Roger, 2014).

### IV.2. Application des huiles essentielles en lutte biologique

Une étude menée par Mohammadi et al. (2014), intitulée "Antifungal activities and chemical composition of some medicinal plants", visait à évaluer les activités antifongiques des huiles essentielles extraites de plantes médicinales telles que *Stachys pubescens*, *Thymus kotschyanus*, *Thymus daenensis* et *Bupleurum falcatum* contre des champignons pathogènes tels que *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus flavus* et *Alternaria alternata*. Les résultats ont mis en évidence l'efficacité significative des huiles essentielles de ces plantes contre les champignons testés, avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) variant entre 0,5 et 4 mg/mL. Plus précisément, les huiles essentielles de *T.kotschyanus* et de *S. pubescens* ont présenté les activités antifongiques les plus élevées, tandis que *B. falcatum* a montré une réponse modérée. En revanche, *T. daenensis* s'est révélé moins sensible et n'a présenté aucun effet sur *A. alternata*. De plus, les analyses chimiques réalisées par GC/MS ont permis de détecter la présence de différents composants dans chaque plante étudiée, tels que le carvacrol et le thymol, en tant que principaux constituants des huiles essentielles, soulignant ainsi la complexité des mécanismes impliqués dans leurs activités antifongiques. Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles de ces plantes pourraient représenter une source

prometteuse de nouveaux agents antifongiques pour lutter contre les souches de champignons résistantes aux traitements conventionnels.

D'après cette étude, il est suggéré qu'il serait bénéfique de mener davantage de recherches sur les effets synergiques de l'huile essentielle en combinaison avec des antibiotiques synthétiques. En conclusion, il est recommandé de poursuivre ces recherches afin de mieux comprendre le mécanisme antifongique de certaines plantes, en mettant l'accent sur *Aspergillus sp.*, *F. oxysporum* et *A. alternata* qui se sont propagées dans d'autres parties du monde. (Mohammadi et al., 2014).

Une étude réalisée par Touaibia (2015), intitulée "Composition chimique et activité antifongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis L.* sur milieu de laboratoire et sur les fruits du fraisier", a démontré que l'activité antifongique de l'huile essentielle est efficace contre *Aspergillus niger* et *Penicillium sp.* Ces champignons se sont révélés sensibles à tous les volumes d'huile essentielle testés, à l'exception d'*Aspergillus niger* qui a montré une sensibilité moyenne spécifiquement pour le volume de 20 µl. D'après Derwich et al. (2010), l'activité antimicrobienne des monoterpènes est attribuée à la présence de groupes d'hydroxyles phénoliques qui peuvent former des liaisons hydrogène avec les sites actifs des enzymes dans les cellules ciblées. Une observation révèle une corrélation proportionnelle entre le volume administré et l'effet antimicrobien, où une augmentation du volume entraîne également une augmentation du diamètre de la zone d'inhibition. Cette corrélation pourrait s'expliquer par la présence accrue de composés actifs à mesure que le volume d'huile essentielle augmente. De plus, Les résultats du test antifongique mené sur les fraises démontrent que l'huile essentielle pure de *Myrtus communis* a exercé un effet inhibiteur très significatif contre les souches d'*Aspergillus niger* et de *Penicillium sp.*, et cette activité a été maintenue même après 72 heures. Par conséquent, cette huile essentielle s'avère très efficace pour protéger les fraises contre une détérioration rapide en post-récolte. Ces résultats suggèrent que l'huile essentielle pure de *Myrtus communis* présente un fort potentiel en tant qu'agent de conservation naturel pour les fruits.

A decorative graphic of a scroll, oriented horizontally. The scroll is white with a black outline and features a grey shadow on the left side, giving it a three-dimensional appearance. The text is centered within the scroll.

## **Chapitre II : Monographies des plantes**

## Chapitre II : Monographies des plantes

### II.1. Citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

#### II.1.1. Description

*Cymbopogon citratus* (*C. citratus*), également connu sous le nom de citronnelle (Kouame et al., 2015 ; In ITIS, 2015), est une herbe aromatique vivace originaire du sud de l'Inde et du Sri Lanka (Kouame et al., 2015 ; In Karunamoorthi et al., 2010). Cette plante pousse en touffes denses et ne présente pas de ramification. Ses feuilles, pouvant atteindre jusqu'à 90 cm de longueur et 1,25 cm de largeur, sont isolées, de couleur vert clair, fortement parfumées, longues et effilées (Figure 25). Elles sont regroupées en gaine sur une certaine portion de leur longueur. De plus, les bords des feuilles du *Cymbopogon citratus* sont hyalins, caractérisés par de nombreuses petites dents orientées vers le sommet de la plante. Sa partie souterraine est formée d'un bulbe et d'un rhizome. Bien que cette plante fleurisse rarement, elle développe une hampe florale pouvant mesurer jusqu'à 60 cm de long, avec de nombreuses ramifications terminées par des épis agglomérés de couleur verdâtre. *Cymbopogon citratus* se reproduit principalement par son rhizome (Kouame et al., 2015 ; In Iwu, 2014), et prospère dans les régions semi-tropicales et tropicales (Kouame et al., 2015 ; In Karunamoorthi et al., 2010).



**Figure 25:** *Cymbopogon citratus* (Wahedi et al., 2024).

### II.1.2. Classification

La classification selon Oladeji et al., 2019 est la suivante :

- **Règne:** Plantae
- **Division :** Magnoliophyta
- **Classe :** Liliopsida
- **Ordre :** Poales
- **Famille :** Poaceae
- **Genre :** *Cymbopogon*
- **Espèce :** *Cymbopogon citratus*

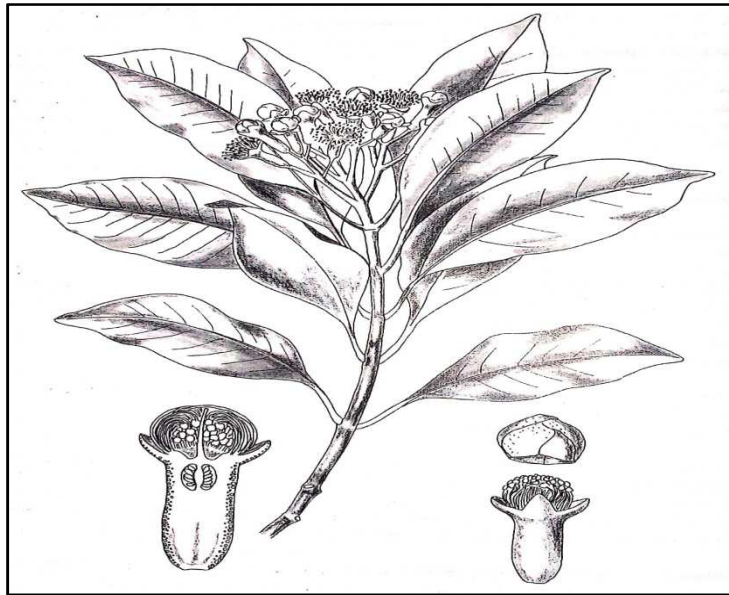
## II.2. Clou de girofle (*Syzygium aromaticum*)

### II.2.1. Description

*Syzygium aromaticum* est un arbre imposant qui trouve son origine dans les petites îles des Moluques. Il a une allure élancée et atteint en moyenne entre 10 et 12 mètres de hauteur, bien qu'il puisse parfois atteindre jusqu'à 20 mètres. Sa forme est pyramidale, avec un tronc ridé de couleur gris clair. Ses feuilles sont persistantes, coriaces et opposées. Elles mesurent environ 8 à 10 cm de long et ont une forme ovale avec un limbe lancéolé. La face supérieure des feuilles présente une teinte verte rougeâtre, tandis que la face inférieure est d'un vert sombre légèrement ponctué. Lorsqu'on les froisse, les feuilles dégagent une forte odeur de clou de girofle, ce qui les rend aromatiques.

L'inflorescence de cet arbre se compose de petites cymes compactes et ramifiées, mesurant environ 4 à 5 cm. Elles sont regroupées en panicules contenant de 3 à 5 petites fleurs parfumées. Les fleurs présentent un calice tubulaire de couleur blanc cassé qui devient rouge avec le temps. Le calice est constitué de 4 sépales charnus et persistants de couleur rouge. La corolle, quant à elle, est de couleur blanc-rosé et composée de 4 pétales séparés (dialypétales) de couleur blanche. Les fleurs sont hermaphrodites, et ont de nombreuses étamines qui forment une sorte de pompon, ainsi qu'un pistil avec un ovaire infère à deux loges. Le fruit, connu sous le nom d'Antholfe, est une drupe elliptique de couleur brun violacé. À l'intérieur du fruit se trouve une seule graine d'environ 1,5 cm de long (Figure 26).

Il est essentiel de noter que les boutons floraux de cet arbre sont appelés "clous de girofle" avant leur épanouissement. C'est pendant cette période qu'ils sont récoltés (Goetz et Ghedira, 2012).



**Figure 26:** *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry. (Bruneton, 1999).

### II.2.2. Classification

La classification selon Otunola, 2022 est la suivante :

- **Règne :** Plantae
- **Division :** Magnoliophyta
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Ordre :** Myrtales
- **Famille :** Myrtaceae
- **Genre :** *Syzygium*
- **Espèce :** *Syzygium aromaticum*
- **Nom :** *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et L. M. Perry (Bhowmik et al., 2012 ; Rahajaan, 2018 ; Saeed et al., 2021).

## II.3. Genévrier (*Juniperus oxycedrus*)

### II.3.1. Description

Le genévrier oxycède (*Juniperus oxycedrus* L.) est une plante arbustive ou un petit arbre qui peut atteindre une hauteur de 10 à 15 mètres. Les jeunes spécimens ont une forme conique de couronne, tandis que celle des spécimens adultes est plus irrégulière. Son tronc présente une écorce fibreuse de couleur grisâtre à brun-rouge qui s'écaille en bandes longitudinales. Les branches sont nombreuses et peuvent s'étaler ou s'élever. Les feuilles sont en forme d'aiguilles arrangées en verticilles alternés de trois. Elles mesurent entre 1 et 2,5 cm de long et entre 1 et 2,5 mm de large. Sur la face supérieure des aiguilles, on peut observer deux sillons stomatiques blancs et cireux, tandis que la face inférieure présente une crête et une extrémité épineuse. Cette plante est dioïque. Les plants mâles produisent des cônes de pollen solitaires qui se trouvent dans les aisselles des feuilles. Ces cônes sont de couleur jaune et ont une forme ovale, avec généralement trois à sept sacs de pollen en dessous. En revanche, les plants femelles portent des cônes de graines axillaires appelés galbules. Les galbules ont une forme approximativement sphérique, mesurent de 7 à 12 mm de long et sont de couleur brun-rouge. Ils atteignent leur maturité en deux ans et ne s'ouvrent pas. Ils se terminent par trois petites protubérances triangulaires. À l'intérieur des galbules se trouvent une à trois graines brunâtres de forme triangulaire-ovoïde (Figure 27) (Vilar et al., 2016).

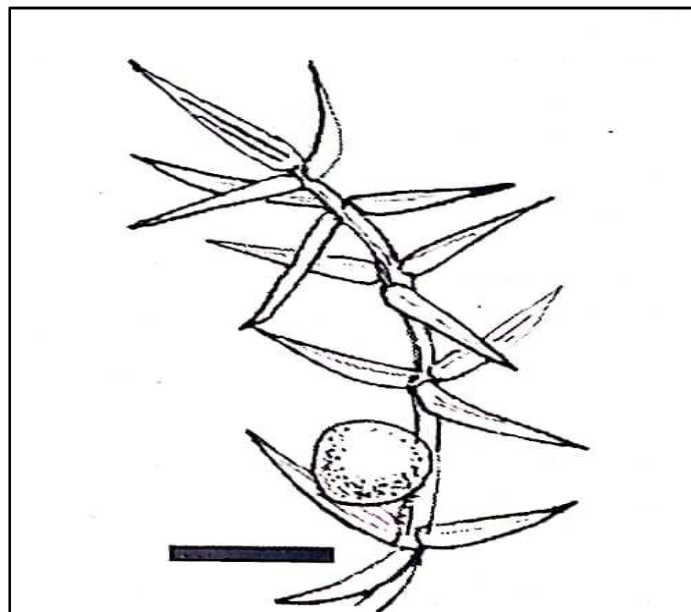


Figure 27: *Juniperus oxycedrus* L. (Meyer et al., 2008).

### 3.2. Classification

La classification selon Bock et al., 2016 est la suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Pinophyta
- **Classe** : Pinopsida
- **Ordre** : Pinales
- **Famille** : Cupressaceae
- **Genre** : *Juniperus*
- **Espec**e : *Juniperus oxycedrus L*

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the top and right, framing the chapter title.

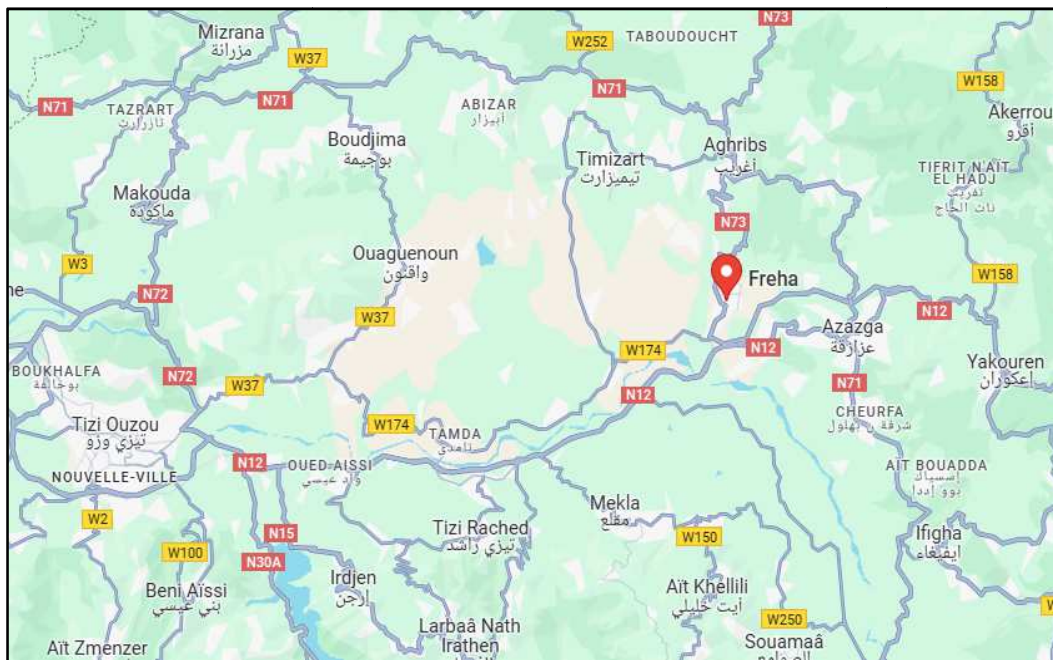
## **Chapitre III : Matériel et Méthodes**

## Chapitre III : Matériel et méthodes

### I. Localisation de la zone d'échantillonnage

La commune de Freha se trouve au cœur de la wilaya de Tizi-Ouzou, en région de Kabylie, en Algérie, à une altitude moyenne de 194 mètres. Elle est bordée au nord par la commune d'Aghribs, à l'Est par Azazga, au sud par Mekla et Tizi Rached, à l'ouest par Tizi Ouzou et Ouaguenoun, et au nord-ouest par Timizart (Figure 28).

Elle a une superficie de 68,55 km<sup>2</sup> et est située à 36.762° de latitude nord et 4.31625° de longitude Est.



**Figure 28:** Localisation de la zone d'étude Freha (maps.google.com).

### II. Matériel végétal

#### II.1. Echantillonnage des feuilles d'olivier

Des échantillons de feuilles présentant les symptômes de la maladie de l'œil de paon, causée par le champignon *Spilocaea oleaginea*, ont été prélevés sur des oliviers de la variété Chemlal dans la région de Freha (Figure 29). L'échantillonnage des feuilles a été réalisé de manière aléatoire sur divers arbres affectés par cette maladie, en sélectionnant des feuilles à différentes hauteurs et positions sur les rameaux. Un total de 50 feuilles a été ainsi récolté pour l'analyse. À la fin, les feuilles ont été placées dans des sacs en papier kraft, puis réfrigérées pour conserver l'agent pathogène de l'œil de paon.



**Figure 29:** Prélèvement des feuilles d'oliviers infectées par *Spilocaea oleaginea* (Originelle, 2024).

## **II.2. Prélèvement des feuilles de *Syzygium aromatique*, *Juniperus oxycedrus*, *Cymbopogon citratus***

Les huiles essentielles ont été extraites à partir des parties aériennes représentées par les feuilles de citronnelle (*Cymbopogon citratus*), de genévrier (*Juniperus oxycedrus*), et les boutons floraux de clou de girofle (*Syzygium aromatique*).

Les feuilles de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) ont été prélevées dans la région d'Azeffoun, celle du genévrier (*Juniperus oxycedrus*) dans la forêt de Tala Guilef et les boutons floraux de clou de girofle (*Syzygium aromatique*) ont été achetés dans une épicerie à Tizi-Ouzou.

## **III. Traitement du matériel végétal**

Les échantillons collectés ont été triés et conservés dans des sachets hermétiques en papier kraft et stockés dans un réfrigérateur, à une température de 4°C, pendant une durée de 3 semaines.

### **III.1. Mode d'extraction des huiles essentielles**

La méthode utilisée pour l'extraction des huiles essentielles est la distillation à la vapeur. À cet effet, un échantillon de 210 kg de matière végétale, comprenant des feuilles, des fleurs, des tiges et des pseudophylles de Clou de girofle, de Genévrier et de Citronnelle, a été introduit dans un extracteur pilote (alambic). Cet appareil est équipé :

- Une chaudière
- Une corbeille
- Un réfrigérant
- Un essencier (platine)

La chaudière de l'extracteur est spécialement conçue pour loger la corbeille contenant la matière végétale destinée à être distillée. Une fois que la quantité d'eau appropriée a été ajustée dans la chaudière, la matière végétale est placée dans la corbeille. La température de l'extracteur est maintenue à 100°C pour favoriser l'évaporation de l'eau et l'entraînement des molécules d'huiles essentielles sous forme de vapeur.

Une fois formée, la vapeur quitte la chaudière à travers un tube en acier inoxydable et est dirigée vers le réfrigérant. Ce dernier est un serpentin rempli d'eau froide maintenue à une température d'environ 12-13°C. Lorsque la vapeur entre en contact avec ce réfrigérant froid, elle se condense en fines gouttelettes. Ces gouttelettes, contenant les huiles essentielles, sont récupérées dans l'essencier. Étant donné que les huiles essentielles ont généralement une densité plus faible que celle de l'eau, elles flottent à la surface de l'eau condensée dans l'essencier.

Par la suite, l'eau est évacuée en ouvrant le robinet de l'essencier. L'huile essentielle, accompagnée de la petite quantité d'eau résiduelle, sont récupérées dans un séparateur à décantation. Cette étape prend environ 2 heures. Ensuite, l'huile essentielle est transférée dans un flacon en verre et conservée au réfrigérateur à une température de 4 °C.

### **IV. Isolement de l'agent pathogène**

Les techniques d'isolement est conforme à celle décrite par Rapilly (1968).

Les feuilles présentant des lésions ont été désinfectées à l'aide d'un tampon de coton imbibé d'alcool. Ensuite, des coupes ont été réalisées avec un scalpel préalablement stérilisé par flambage. Les fragments obtenus ont été placés dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA, avec trois fragments par boîte, puis incubés à 25°C pendant 21 jours.

#### IV.1. Purification et obtention des isolats fongiques

Après une incubation de 24 heures des milieux PDA, des pastilles ont été réalisées à l'aide d'un emporte pièce dans l'une des boîtes de Pétri contenant le champignon déjà isolé. Ensuite, environ 5 pastilles ont été prélevés à l'aide d'un scalpel et disposés dans chaque boîte de Pétri contenant le milieu PDA.

Afin d'éviter toute contamination, les boîtes ont été méticuleusement fermées avec du parafilm et recouvertes de papier aluminium.

Elles ont ensuite été placées dans une étuve à 25°C pour favoriser le développement des colonies mycéliennes pendant une semaine, Figure 30.



**Figure 30:** Isolats du phytopathogène (*S.oleaginea*) sur le milieu PDA (à gauche), après une semaine d'incubation (à droite).

#### V. Détermination de l'agent pathogène

Pour déterminer l'agent pathogène, il est crucial de procéder à une analyse à la fois macroscopique et microscopique des échantillons.

- **Observation macroscopique**

L'observation macroscopique consiste à examiner attentivement les caractéristiques visibles à l'œil nu de l'échantillon ou de la culture. Cet examen permet d'obtenir des indices sur l'agent pathogène en se basant sur les structures et les propriétés décrites dans la bibliographie, figure 31.



**Figure 31:** Feuilles d'oliviers infectées par *Spilocaea oleaginea* (Originelle, 2024).

- **Etude anatoma-histologiques des feuilles saines et infectées par *S.oleaginea***

L'analyse histologique des feuilles concernées a impliqué la réalisation de coupes anatomiques sur les feuilles indemnes et celles affectées par la maladie, en suivant la méthode recommandée par Deyson (1954) (Annexe 2).

## **VI. Etude de l'action des huiles essentielles sur le développement de *Spilocaea oleaginea***

L'étude a été réalisée en utilisant les huiles essentielles extraites à partir de *Syzygium aromatique*, *Juniperus oxycedrus*, *Cymbopogon citratus*. Cette étude vise à évaluer l'impact de ces trois huiles sur la croissance de *Spilocaea oleaginea*. Pour ce faire, le diamètre des implants fongiques a été mesuré après chaque traitement avec les différentes huiles essentielles.

Dans cette étude, trois doses différentes d'huiles essentielles ont été employées, à savoir 5  $\mu\text{l}$  ; 7,5  $\mu\text{l}$  et 10  $\mu\text{l}$ . Chaque dose a été injectée dans un flacon contenant du milieu PDA liquide, puis mélangée soigneusement. Par la suite, les milieux préparés ont été coulés dans des boîtes de Pétri. Ainsi, chaque flacon a permis de réaliser 9 répétitions pour chaque dose d'huile essentielle. En même temps, 6 boîtes de Pétri témoins ont été préparées sans ajout d'huiles essentielles. Ainsi, toutes les boîtes sont soigneusement fermées à l'aide de parafilm et recouvertes de papier aluminium. Elles sont ensuite laissées à température ambiante pour permettre la solidification du milieu.

Après 24h et à l'aide d'un emporte pièce stérilisé, des puits ont été réalisés dans chaque boîte de Pétri, puis la même dose d'huile essentielle que celle versée initialement dans le milieu PDA a été ajoutée à l'aide d'une micropipette. Par la suite, des pastilles ont été prélevées dans l'une des boîtes de Pétri contenant le champignon déjà repiqué, à l'aide d'un scalpel, puis placé au centre de chaque boîte de Pétri contenant le milieu PDA avec les huiles essentielles. Toutes les boîtes ont été fermées hermétiquement avec du parafilm, puis recouvertes de papier aluminium pour éviter toute contamination. Elles ont ensuite été incubées dans une étuve à 25°C pendant une semaine.

## **VII. Evaluation de la croissance radiale du phytopathogène**

La progression de la croissance mycélienne du phytopathogène a été évaluée en déterminant le diamètre moyen des colonies à l'aide d'une règle graduée, en utilisant comme référence le diamètre initial des colonies témoins.

## **VIII. Analyse statistique des données**

Les résultats ont été soumis à une analyse statistique en utilisant le logiciel R, avec l'application de tests d'analyse de la variance (ANOVA) pour l'analyse des données (Annexe 4).

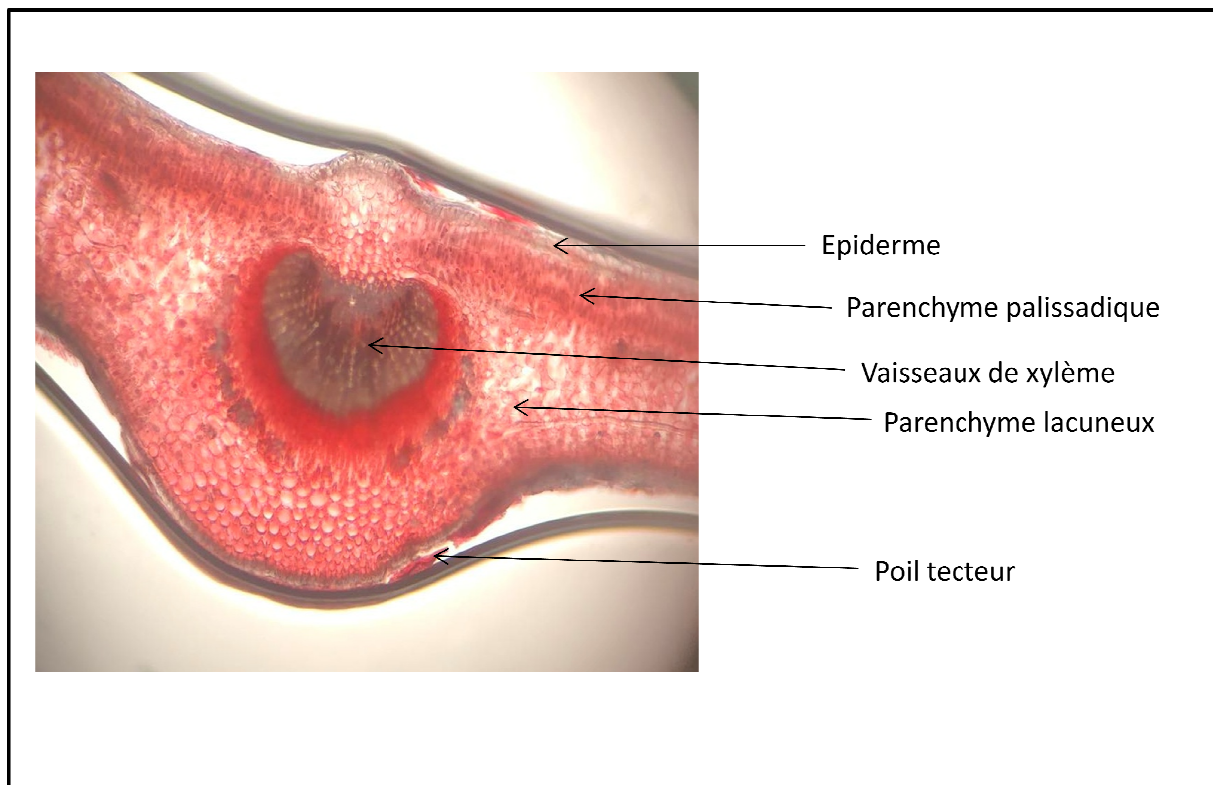
A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right. The text is centered within this border.

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### I. Anatomie d'une feuille d'olivier saine

L'observation microscopique d'une coupe transversale d'une feuille d'olivier saine, subtilement colorée, a permis d'identifier plusieurs structures distinctes. L'épiderme, première barrière de défense, est doté d'une cuticule imperméable qui protège la feuille. La forme de la feuille est maintenue sous cette enveloppe par une paroi cellulaire rigide. Au-dessous se trouve le tissu palissadique, constitué de cellules allongées spécialisées dans la photosynthèse, suivi par le parenchyme lacuneux inférieur. Les nervures constituent les structures des vaisseaux conducteurs qui irriguent la feuille, tandis que les stomates, de petits pores, permettent les échanges gazeux. Enfin, de petits poils protecteurs arborent une forme de parasols sur la surface, offrant ainsi une protection supplémentaire contre les parasites, les maladies et les changements climatiques. Ces poils sont très longs et contiennent des cellules sécrétrices qui produisent de l'huile essentielle. Au sein de ces poils, le cytoplasme abrite les chloroplastes, les mitochondries et les ribosomes, essentiels aux processus cellulaires, ainsi qu'une vacuole pour le stockage d'eau et de nutriments, figure 32.



**Figure 32:** Coupe anatomique d'une feuille d'olivier observée au microscope optique G :

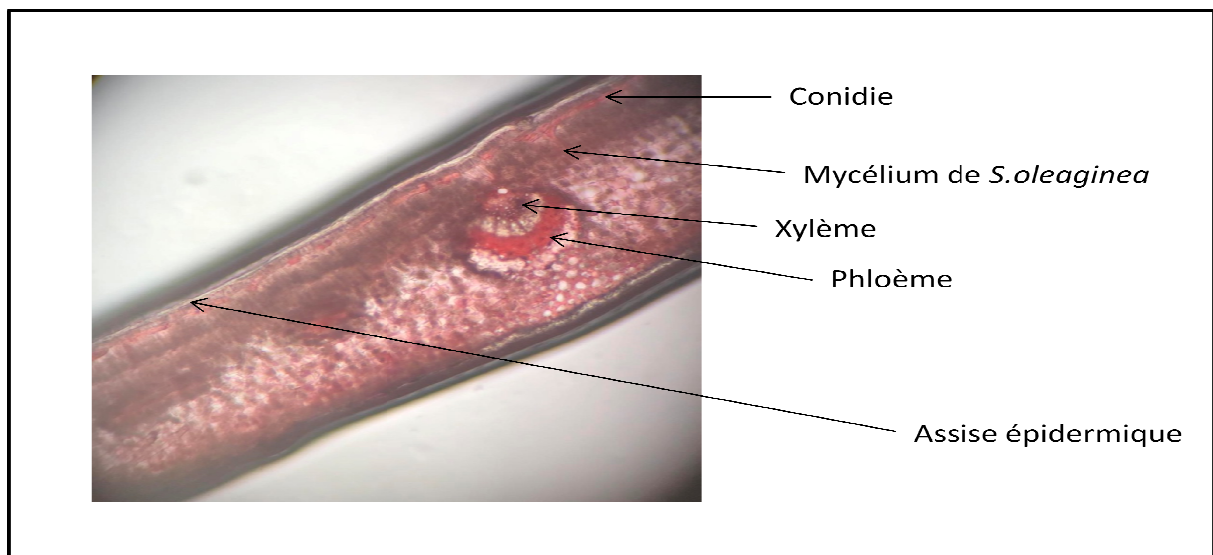
100.

## II. Anatomie d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea*

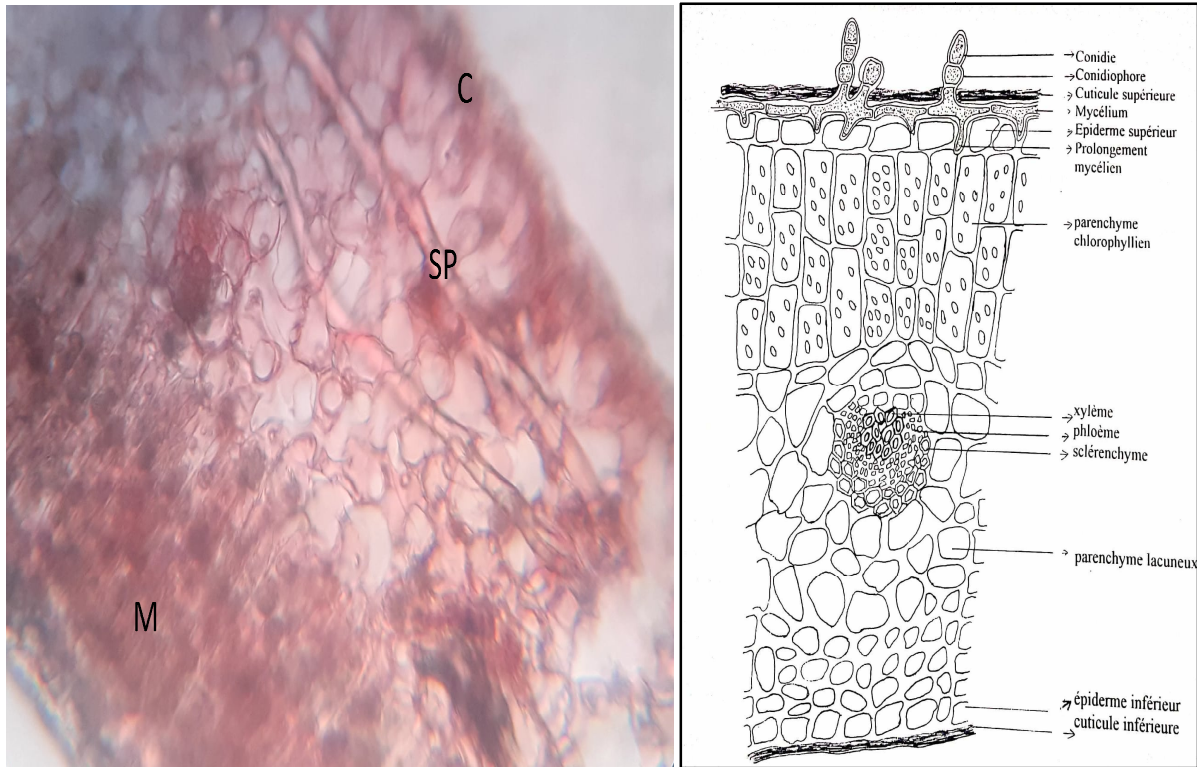
La coupe transversale de la feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* révèle les principales altérations anatomiques induites par le champignon. À l'intérieur des tissus foliaires, le mycélium de *Spilocaea oleaginea* se développe sous forme de structures filamenteuses typiques (Figure 33). En plus de sa croissance dans ces tissus, le champignon produit des conidies (spores asexuées utilisées pour la propagation et la dissémination de l'infection). Typiquement, ces conidies se forment à la surface des parties infectées de la feuille, formant de petits amas ou des structures rondes.

Les siphons mycéliens (prolongements fins et allongés du mycélium du champignon), pénètrent les parois cellulaires pour se développer directement dans le cytoplasme des cellules parenchymateuses (Figure 34). La présence de ces siphons à l'intérieur des cellules témoigne d'une étroite interaction entre le champignon pathogène et les tissus foliaires. Le champignon peut ainsi exploiter directement les nutriments présents dans le cytoplasme des cellules de l'olivier grâce à ces structures spécialisées.

Les tissus de transport, tels que le xylème et le phloème, semblent être obstrués ou altérés par l'invasion du champignon, perturbant ainsi le flux de l'eau et des nutriments. La structure de la feuille présente des déformations et des altérations visibles, avec un aspect gonflé et irrégulier qui résulte probablement de la croissance du champignon et de la réaction des cellules végétales à l'infection. De plus, il est évident que l'infection a affecté la cuticule, la couche protectrice de la surface de la feuille.



**Figure 33:** Coupe anatomique d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* observée au microscope optique G : 100.

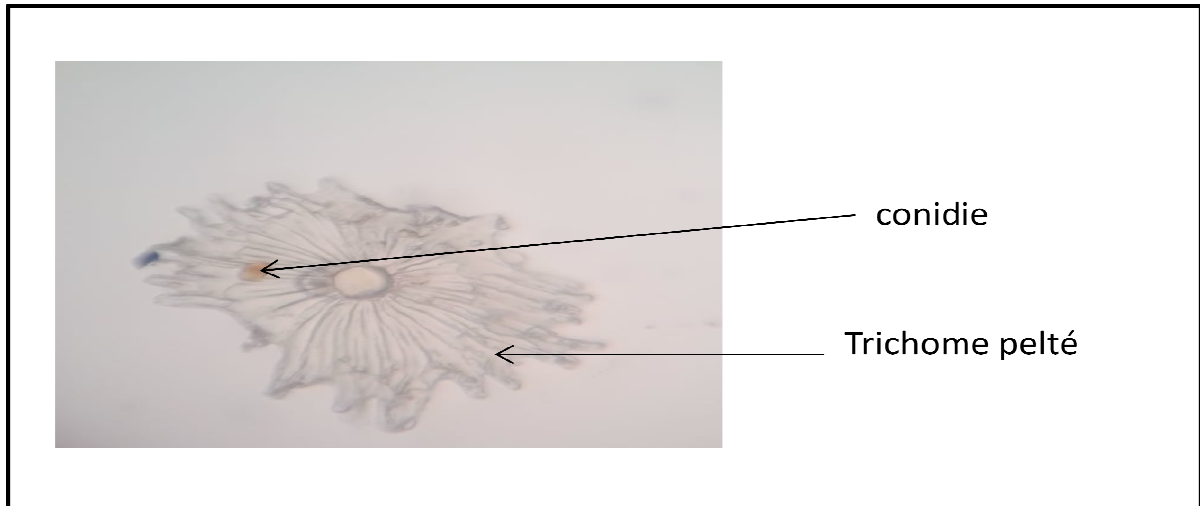


**Figure 34:** Coupe anatomique d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* observée au microscope optique G : 400 (à gauche) ; Coupe transversale d'une feuille d'olivier infectée par *Spilocaea oleaginea* (Hughes) montrant la localisation du mycélium et son extension dans les tissus foliaires de l'hôte G : 400 (à droite) (Ouaza Khelouia, 2001).

**C :** Conidie ; **SP :** Siphons mycéliens ; **M :** Mycélium de *S.oleaginea*.

- L'application de la méthode du papier adhésif sur les feuilles d'olivier infectée par *S.oleaginea* (Annexe 3) permet d'obtenir les résultats d'observation suivants sous le microscope optique :

Sous le microscope optique, les conidies de *Spilocaea oleaginea* apparaissent comme des structures uni et bicellulaires de couleur marron, situées principalement dans les trichomes peltés de l'olivier, figure 35 :

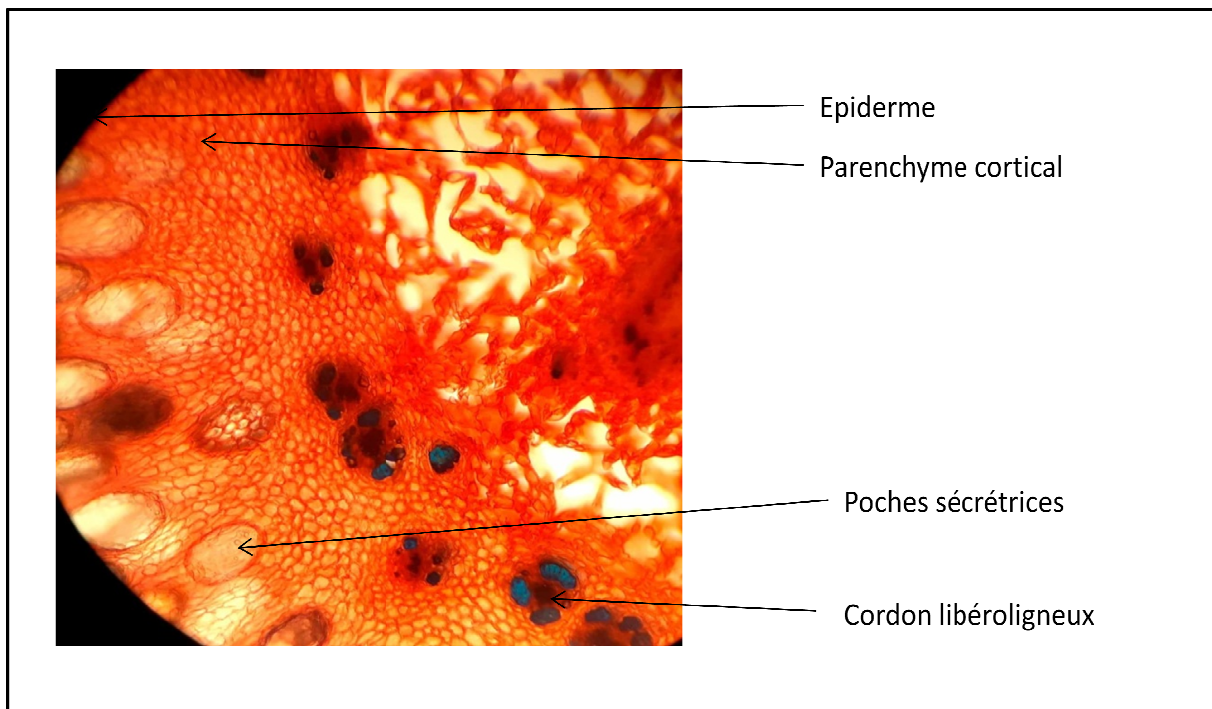


**Figure 35:** Conidies de *S.oleaginea* sur un trichome pelté d'olivier observées au microscope optique G : 400.

- L'application de la méthode de double coloration sur des coupes fines de clou de girofle permet d'obtenir les résultats d'observation suivants sous le microscope optique.

La coupe transversale réalisée au niveau de l'hypanthium du bouton floral de *S.aromaticum*, niveau montre les vaisseaux libéro-ligneux périphériques et un cordon libéro-ligneux central.

De nombreuses poches sécrétrices remplies d'huile essentielle disposées à la périphérie justifient la richesse du bouton floral en huile essentielle, figure 36 :



**Figure 36:** Coupe anatomique d'un Clou de girofle observée au microscope optique G : 400.

### III. Action des HE sur *Spilocaea oleaginea*

Les résultats de la croissance radiale moyenne des colonies de *S.oleaginea* en fonction de la dose d'huile essentielle sont regroupés dans les tableaux 2 et 3 et illustrés par les figures 37, 38, 39 et 40.

Les résultats obtenus soumis à une analyse de la variance à deux critères de classification pour l'effet espèce (DDL=2 ; F=126,0656 et P=0,00) et l'effet dose (DDL=2 ; F=11,3920 et P=0,000046) ont montré des différences significatives concernant la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*.

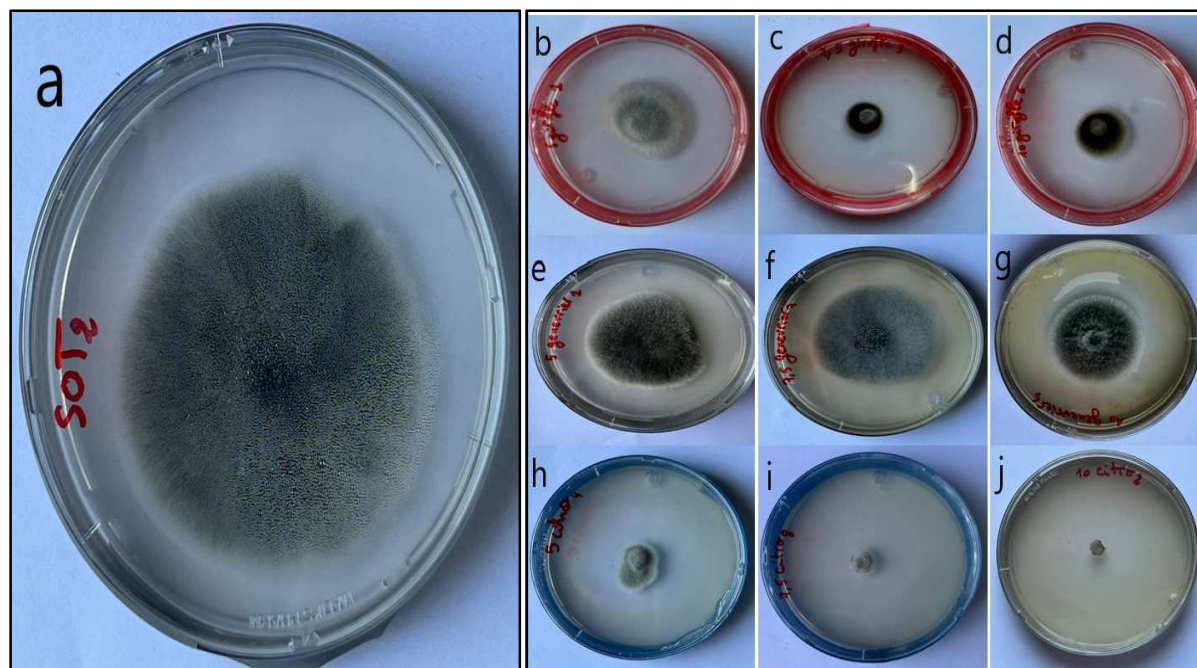
En l'absence d'huile essentielle, les résultats montrent que le témoin croît normalement avec des diamètres de colonie respectifs de 6 cm et 8 cm après 5 et 8 jours d'incubation.

Les HE de clou de girofle (*Syzygium aromatique*), de genévrier (*Juniperus oxycedrus*), et de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) testées ont démontré des différences significatives dans leur capacité à réduire le diamètre du champignon. Le test de Newman-Keuls a permis de classer les espèces en quatre groupes homogènes. Parmi celles-ci, la citronnelle est classé dans le groupe 1 avec un effet très hautement significatif sur le développement du *S.oleaginea*, suivie par l'HE de clou de girofle dans le groupe 2 avec un effet significatif et enfin viennent l'HE du genévrier avec un effet faiblement significatif en comparaison avec les boîtes témoins.

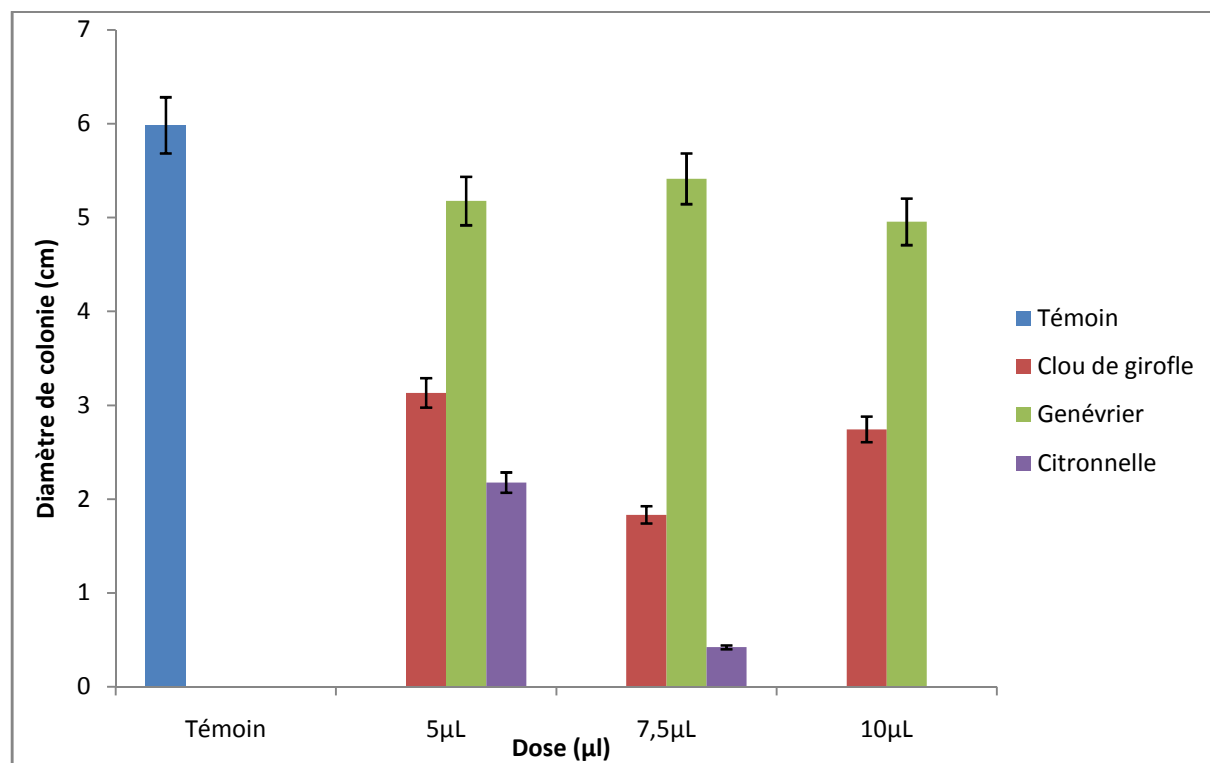
L'analyse de l'effet des doses a révélé trois groupes homogènes. Les doses de 7,5µl (P=2,822) et de 10µl (P=3,178) ont été les plus efficaces, réduisant significativement le diamètre du champignon comparé à la dose 5µl (P=4,183) et au témoin (P=6,983). Les doses de 7,5 et 10µl ont montré des effets similaires, suggérant qu'une augmentation au-delà de 7,5µl n'apporte pas de bénéfice supplémentaire notable.

**Tableau 2:** Diamètre moyen des colonies de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 5 jours d'incubation.

	Clou de girofle	Genévrier	Citronnelle
0 µl (Témoin)	5,983±0,381	5,983±0,381	5,983±0,381
5µl	3,133±1,042	5,177±0,294	2,177±0,779
7.5µl	1,833±0,244	5,414±0,545	0,422±0,657
10µl	2,744±1,291	4,955±0,755	0±0



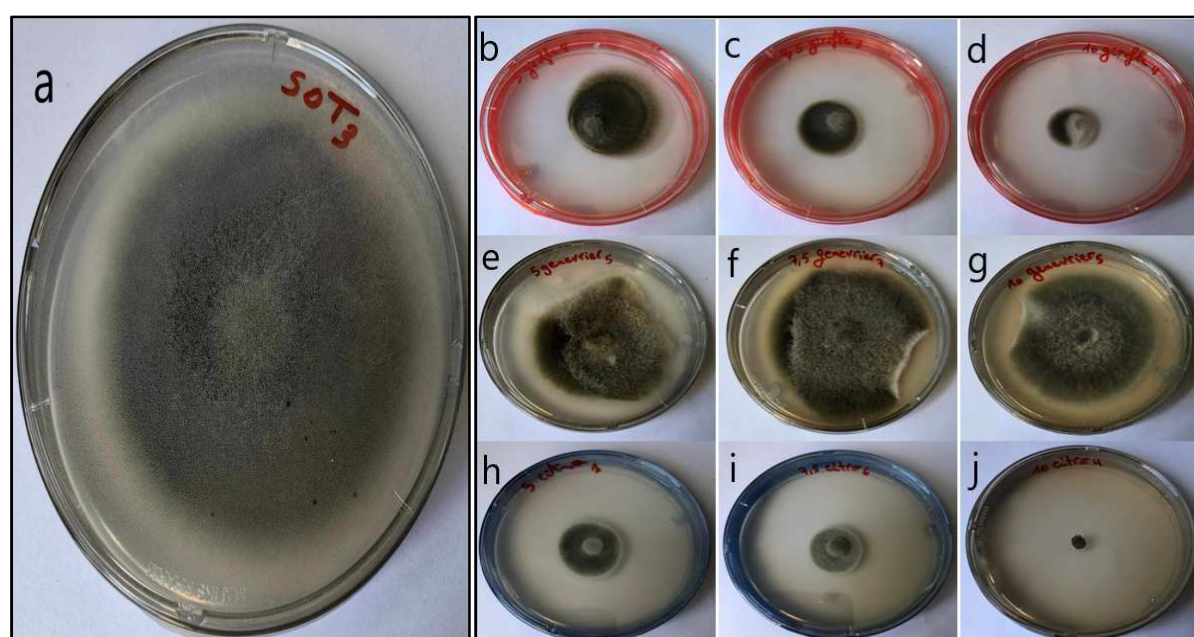
**Figure 37:** Croissance radiale des colonies de *S.oleaginea* après 5 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle, (a) : témoin (sans HE) ; (b) : à 5µl de clou de girofle ; (c) : à 7,5µl de clou de girofle ; (d) : à 10µl de clou de girofle ; (e) : à 5µl de genévrier ; (f) : à 7,5µl de genévrier ; (g) : 10µl de genévrier ; (h) : à 5µl de citronnelle ; (i) : à 7,5µl de citronnelle ; (j) : à 10µl de citronnelle.



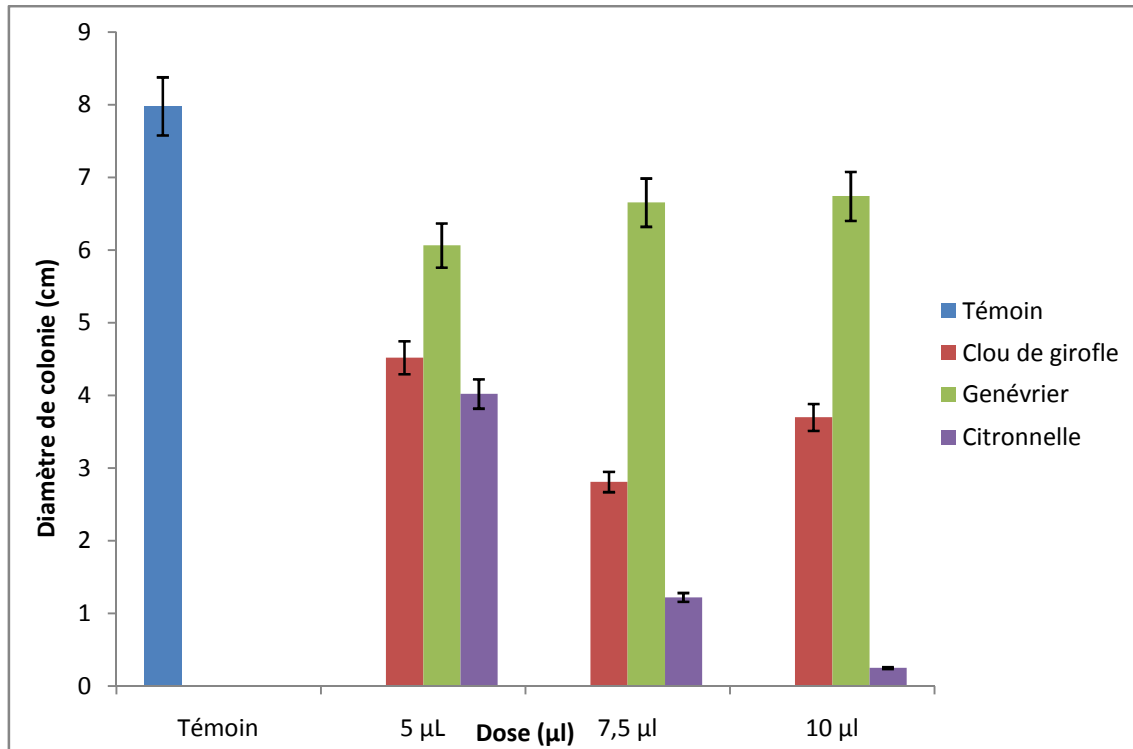
**Figure 38:** Croissance radiale de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 5 jours d'incubation.

**Tableau 3:** Diamètre moyen des colonies de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 8 jours d'incubation.

	Clou de girofle	Genévrier	Citronnelle
0 $\mu$ l (Témoin)	7,983 $\pm$ 0,278	7,983 $\pm$ 0,278	7,983 $\pm$ 0,278
5 $\mu$ l	4,522 $\pm$ 1,233	6,066 $\pm$ 0,659	4,022 $\pm$ 0,861
7.5 $\mu$ l	2,811 $\pm$ 0,372	6,657 $\pm$ 0,930	1,222 $\pm$ 1,400
10 $\mu$ l	3,7 $\pm$ 1,318	6,744 $\pm$ 0,735	0,25 $\pm$ 0,465



**Figure 39:** Croissance radiale des colonies de *S.oleaginea* après 8 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle, (a) : témoin (sans HE) ; (b) : à 5 $\mu$ l de clou de girofle ; (c) : à 7,5 $\mu$ l de clou de girofle ; (d) : à 10 $\mu$ l de clou de girofle ; (e) : à 5 $\mu$ l de genévrier ; (f) : à 7,5 de genévrier ; (g) : 10 $\mu$ l de genévrier ; (h) : à 5 $\mu$ l de citronnelle ; (i) : à 7,5 $\mu$ l de citronnelle ; (j) : à 10 $\mu$ l de citronnelle.



**Figure 40:** Croissance radiale de *S.oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 8 jours d'incubation.

## Discussion

Dans notre étude, l'huile essentielle (HE) de *Cymbopogon citratus* a montré l'effet inhibiteur le plus significatif sur la croissance de *Spilocaea oleaginea*. Elle est suivie par les huiles essentielles de *Syzygium aromaticum* et de *Juniperus oxycedrus*. Cette efficacité pourrait leur être attribuée à la présence de composants chimiques spécifiques tels que le citral et le géraniol dans l'huile de *Cymbopogon citratus*, l'eugénol dans celle de *Syzygium aromaticum*, et le cadinène dans celle de *Juniperus oxycedrus*.

Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux de **Malek (2019)**, qui a montré un fort effet inhibiteur des huiles essentielles d'origan, de menthe poivrée et de citronnelle sur la croissance radiale des champignons pathogènes *Fusicladium oleaginum* et *Alternaria alternata*. Il a observé que dès la dose de 2 µl/l, l'huile essentielle d'origan a réduit significativement la croissance radiale de *F.oleaginum*, aboutissant à une inhibition complète à 10 µl. La citronnelle a également présenté une action significative dès 2 µl, inhibant complètement la croissance de *F. oleaginum*. En comparaison, l'huile essentielle de menthe poivrée a montré une activité moins prononcée, avec un diamètre significatif de  $4,33 \pm 0,618$  cm par rapport à la boîte témoin ( $6,393 \pm 1,305$  cm). Les résultats concernant *Alternaria alternata* sont similaires, montrant que les huiles essentielles d'origan et de citronnelle ont présenté des effets inhibiteurs variables. En revanche, l'huile essentielle de menthe poivrée a

montré une action antagoniste moins significative, avec un diamètre réduit de  $3,39 \pm 4,33$  cm et une inhibition d'environ 40% par rapport au témoin ( $6,98 \pm 0,44$  cm).

Selon l'étude d'**Aouiche et Boudjenane (2023)**, les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, de géranium et de pin d'Alep ont démontré un puissant effet inhibiteur à différentes doses (5, 10 et 15  $\mu$ l) sur la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*, le champignon responsable de la maladie de l'œil de paon de l'olivier, dans la région de Kabylie en Algérie. Elles ont observé que la réponse de *S. oleaginea* varie selon l'huile essentielle utilisée. L'huile essentielle de pin d'Alep a eu un effet marqué dans l'étude, réduisant significativement la croissance radiale du champignon à  $3,107 \pm 1,339$  cm ( $p=0,0000$ ), comparativement à 6,33 cm dans les boîtes témoins. De même, les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de géranium ont également montré un effet inhibiteur, réduisant respectivement la croissance radiale à 4,522 cm et 4,085 cm. Ces résultats confirment que l'huile essentielle de pin d'Alep possède une forte activité antifongique contre *S. oleaginea*.

**Khosravi et al., (2011)**, ont mené une étude sur l'activité antifongique des huiles essentielles d'*Artemisia sieberi* et d'*Origanum vulgare* contre des isolats de *Candida glabrata*, un agent pathogène fongique opportuniste responsable d'infections graves. Les résultats ont montré que les deux huiles exercent un effet inhibiteur significatif sur la croissance de tous les isolats de *C. glabrata* testés. L'huile d'*A. sieberi* a produit des zones d'inhibition variant de 11 à 40 mm de diamètre, avec une moyenne de 23,4 mm. Quant à l'HE d'*O. vulgare*, elle a généré des zones d'inhibition comprises entre 18 et 40 mm, avec une moyenne de 27,1 mm. Ces résultats indiquent que les huiles essentielles possèdent des propriétés antifongiques intéressantes, avec une activité marquée. Ainsi, ces huiles pourraient représenter des alternatives thérapeutiques potentielles pour lutter contre les infections causées par ce pathogène fongique.



# **Conclusion**

## Conclusion

Notre étude porte sur l'évaluation de l'effet des huiles essentielles de clou de girofle, de genévrier et de citronnelle sur l'inhibition de la croissance du champignon pathogène *Spilocaea oleagina*, responsable de la maladie de l'œil de paon chez l'olivier. Les résultats obtenus montrent clairement que ces huiles essentielles naturelles peuvent être utilisées comme agents de biocontrôle contre ce ravageur important.

Les huiles essentielles testées présentent des propriétés significatives dans l'inhibition de la croissance du champignon pathogène par rapport au groupe témoin sans traitement. Parmi elles, la citronnelle s'est révélée particulièrement efficace, suivie par le clou de girofle et le genévrier. Ces résultats mettent en évidence le potentiel des huiles essentielles à offrir une solution naturelle et efficace contre *Spilocaea oleagina*. De plus, les doses optimales de 7,5 et 10 $\mu$ l se sont avérées plus performantes que la plus faible dose de 5 $\mu$ l, sans pour autant que des bénéfices supplémentaires notables ne soient observés au-delà de 7,5 $\mu$ l.

Ces conclusions ouvrent des perspectives intéressantes pour l'utilisation des huiles essentielles dans l'agriculture moderne. Elles offrent des solutions alternatives et efficaces pour lutter contre les maladies fongiques, tout en étant respectueuses de l'environnement. En élargissant la gamme des techniques de biocontrôle disponibles, cette recherche contribue à promouvoir une agriculture plus écologique. De plus, elle renforce la résilience des cultures d'oliviers face aux défis sanitaires actuels et futurs, assurant ainsi une production durable et saine.

Des études complémentaires seront nécessaires pour confirmer l'efficacité de ces substances naturelles dans des conditions réelles de culture, et en évaluer les impacts agronomiques et environnementaux à plus grande échelle.



# **Références bibliographiques**

- **ACHOUR, A. (1995).** L'huile d'olive. 1ère édition. Maison de livre Ain M'Lila, 100p.
- **AFIDOL. (2013).** Bonnes pratiques culturales en vergers d'oliviers, 52 p.
- **Aït Mouloud, M. (s.d.-c).** Oléiculture en Kabylie. Huile d'olive de Kabylie. Zzit Ouzemmour. <https://huiledolivedekabylie.com/>
- **Alexandre, & Alexandre. (2021, 22 juin).** Maladies de l'olivier : [Caractéristiques, types, détection et traitement]. Petits Jardiniers. <https://www.petitsjardiniers.com/conseils/maladies-de-lolivier/>
- **Amirouche, M. (1977).** « Contribution à la caractérisation des principales variétés d'olivier cultivées en Kabylie, par l'analyse des données biométriques et morphologiques ». Thèse de magistère. Int. Nat. Agr., El-Harrach. 47p.
- **Anonyme (2017, juin 29).** Oléiculture : L'antrachnose en oliveraie. Agriculture du Maghreb. <https://www.agri-mag.com/2017/06/21/oleiculture-lantrachnose/>
- **Anonyme, (2012, 9 septembre).** "Bio dans nos vies" présente l'Olivier. <https://www.biodansnosvies.fr/2012/09/lolivier/>
- **Anonyme, 2014.** *Olivae* : l'arbre et son fruit l'olive. De l'olivier à l'huile. Tapas Shop. <https://www.tapas-shop.com/info/olivae-arbre-et-olive.html>
- **Aouiche, K., & Boudjenane, C. (2023).** Effet des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, de Géranium (*Pelargonium roseum*) et de Pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*) sur la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*, pathogène de l'olivier. Mémoire de fin d'étude, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO).
- **Argenson C., Régis S., Jourdain J.M. et Vaysse P., 1999.** L'olivier .Edit . CTIFL, Paris, 201p.
- **Azabou, M.C., Gharbi, Y., Medhioub, I., Ennouri, K., Barham, H., Tounsi, S., & Triki, M.A.(2020).**The endophytic strain *Bacillus velezensis* OEE1: An efficient biocontrol agent against *Verticillium* wilt of olive and a potential plant growth promoting bacteria. *Biological Control*, 142, 104168.
- **Bekhechi, C., & Abdelouahid, D. (2014).** Les huiles essentielles. OPU, 55p.
- **Belaïche, P. (1979).** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie (Tome I). Maloine S.A.
- **Bellahcene M., 2004.** La verticilliose de l'olivier : étude épidémiologique et diversité génétique de *Verticillium dahliae Kleb.*, Agent de la verticilliose. Thèse Doct. D'Etat. Univ. Oran (Algerie).

- **Benhayoun, G., & Lazzeri, Y. (2007).** L'olivier en Méditerranée, du symbole à l'économie. Harmattan, 137p.
- **Benzina-Tihar, F., Sahir-Halouane, F., & Hameed, K.M. (2016).** Algerian isolates of
- **Bhowmik, D., Kumar, K. S., Yadav, A., Srivastava, S., Paswan, S., and Dutta, A. S. (2012).** Recent Trends in Indian Traditional Herbs *Syzygium Aromaticum* and its Health Benefits. *J. Pharmacognosy Phytochemistry* 1 (1), 13–22.
- **Bock, B., Geslin, J., Fernez, T., Abdulkhak, S., Bardet, O., Bioret, F., Buchet, S., Cabaret, O., Chabrerie, O., Lallemand, A., Leblond, J., Magnanon, S., Mora, F., Perriat, F., Pierrard, M., Serve, S., & Vergne, F. (2016).** Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine. Tela Botanica. Version 4.01 du 15 mars 2016.
- **Bolmont, R., Buessler, L., Jaubert, J.-P., Chantier BT de l'ICEM. (1998, février).** L'olivier (No. BT 1095). In Pierrette Guibourdenc, Nuria Roucaute, Pierre Péguin, Marité Broisin, & Bernard Estrane (Collaborateurs), L'olivier. Photos : Marjolaine Billibault, Hélène Duviard, Annie Troncy. Cartes et dessins : Marjolaine Billebault. Maquette : Marjolaine Billebault (août 2015).
- **Bottani, D. (11 septembre 2011).** L'Olivier de toute éternité. L'imagier de patrimoine, Paris, Equinoxe. 134p.
- **Boukhezna, B. (2008).** « Contribution à l'étude de l'oléiculture dans les zones arides : cas de l'exploitation de Dhaouia (wilaya d'El-Oued) ». Mémoire Kasdi Merbah, Ouargla.
- **Boulssen B.Z., Bouraoui N.E.H., 2016.** Etude sur la tuberculose de l'olivier ; isolement et identification présomptifs de quelques isolats bactériens à partir des tumeurs, 54p.
- **Breton, C. (2006).** Reconstruction de l'histoire de l'olivier et de son processus de domestication. Thèse de doctorat.
- **Breton, C., & Bervillé, A. (2012).** Histoire de l'olivier. Versailles Cedex : Éditions Quae. 215p.
- **Bruneton J. (1999) :** Huiles essentielles, In Pharmacognosie \_ Phytochimie plantes médicinales. 3ème éd. Doc. Et Tec. Lavoisier. 1095p.
- **Buonauro, R., Almadi, L., Famiani, F., Moretti, C., Agosteo, G. E., & Schena, L. (2023).** Tache foliaire de l'olivier causée par *Venturia oleaginea* : Une revue mise à jour. *Frontiers in Plant Science*, 9(1), 1061136. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1061136>.
- **Castagne, J. L. M. (1845).** Catalogue des plantes qui croissent naturellement aux environs de Marseille. (Pont-Moreau, France: Nicot et Pardigon).

- **Chevalier A. (1948).** L'origine de l'olivier cultivé et ses variations. Rev. Int. De bot. Appl. Et d'Agri. Trop. N°303-304 - 1-24.
  - **COI. (2021).** *Conseil Oléicole International*. <https://www.internationaloliveoil.org>
  - **Daoudi, L. (1994).** Étude des caractères végétatifs et fructifères de quelques variétés locales et étrangères d'olivier cultivées à la station expérimentale de Sidi-Aich (Bejaia). Thèse de magister. Institut National Agronomique El-Harrach.
  - **Derwich, E., Manar, A., Benziane, Z., & Boukir, A. (2010).** GC/MS analysis and in vitro antibacterial activity of the essential oil isolated from leaf of *Pistacia lentiscus* growing in Morocco. World Applied Sciences Journal, 8, [1267-1276].
  - Encyclopédie des plantes médicinales : Identification, préparation, soins. (2001). Larousse, p. 54.
  - **FAO. (2012).** Stratégie et politique agricole, l'olivier: Contraintes et potentialités. FAO.
  - **FAUSTINO DE ANDRES CANTERO (1965).** – Enfermedades y plagas del olivo - publicación del ministerio de l'agricultura - 296 pages, Madrid.
- fluorescent 'Pseudomonas' spp. As potential biological control against wilt pathogen ('*Verticillium dahliae*'). Plant Omics, 9(1), 48-60.
- **FOURCAUD A. (1971).** – Traitements fongicides par Voie Liquide mais sous eau- Conf. Int. Des Techn. Oléic., Torremolinos (Espagne) – 14-19 juin 1971.
  - **Gerbeaud. (2023, 11 octobre).** Maladies de l'olivier. <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/maladies-olivier.php>
  - **Goetz, P., Ghedira, K. (2012).** *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (*Myrtaceae*): Giroflier. In: Phytothérapie anti-infectieuse. Collection Phytothérapie Pratique. Springer, Paris, [281–292]. [https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0058-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0058-5_18)
  - **Graniti, A. (1993).** Olive scab: a review. EPPO Bull. 23 (3), [377–384]. doi: 10.1111/j.1365-2338.1993.tb01339.x.
  - **Guignard, J. L. (1996).** Biochimie végétale, 10ème éd. Masson. <http://www.toildepices.com/>
  - **Hughes, S. J. (1953).** Some foliicolous hyphomycetes. Can. J. Bot. 31 (5), [560–576]. doi: 10.1139/b53-045.
  - **Iwu MM (2014).** Manuel des plantes médicinales africaines. 2<sup>ème</sup> édition, CRC Press Inc, Boca Raton, Floride, p 202.

- **Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2012).** La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. Springer Paris, 210p.
- **Karunamoorthi, K., Ilango, K., & Murugan, K. (2010).** Évaluation en laboratoire d'un répulsif contre les insectes à base de plantes traditionnellement utilisé contre le vecteur du paludisme *Anopheles arabiensis* Patton (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 106(5), [1217-1223].
- **Kasraoui, F. Med, (2010).** L'olivier. Le site officiel de l'Ing. Med. [1-5].
- **Khosravi, A.R., Shokri, H., Kermani, S., Dakhili, M., Madani, M., & Parsa, S. (2011).** Antifungal properties of *Artemisia sieberi* and *Origanum vulgare* essential oils against *Candida glabrata* isolates obtained from patients with vulvovaginal candidiasis. *Journal de Mycologie Médicale*, 21(2), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2011.01.006>
- **Khoumeri, L. (2009).** « Influence de la photopériode, des milieux de culture et des hormones de croissance sur le développement in-vitro des embryons et des microboutures de l'olivier (*Olea europaea* L.) Var Chemlal ». Thèse d'ingénieur, 100p.
- **Kouame, N. M., Kamagaté, M., Koffi, C., Die-Kakou, H., Yao, N. A. R., & Kakou, A. (2015).** *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf : ethnopharmacologie, phytochimie, activités pharmacologiques et toxicologie. *Phytothérapie*, 14(6), [384-392]. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-1014-3>
- **LAKHDAR, M. (2012).** Perspectives de développement de l'olivier dans les Monts des Ksour. Mémoire de fin d'étude, Université d'Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 40 p.
- **Laporte, J.-P. (2013).** Olivier (la culture de l'olivier, de l'Antiquité à la Kabylie contemporaine). *Encyclopédie berbère*, XXXV, [5730-5749]. Paris - Louvain - Walpole, MA: Peeters.
- **Loussert R. Et Brousse C., 1978.** L'olivier, Techniques culturales et productions méditerranéennes, Edit, C.P, Maisonneuve et larose, Paris, 447p.
- **Maillard P., 1975.** L'olivier. Comité technique de l'olivier section spécialisée de l'INVFLEC. Paris, 137 p.
- **Malek E., 2019.** « L'effet des huiles essentielles d'origan, de menthe poivrée et de citronnelle sur la croissance radiale de *Fusicladium oleagineum* et *Alternaria alternata* pathogène de l'olivier de la région de Kabylie ». Mémoire de fin d'étude UMMTO, Tizi Ouzou.

- **Marcelo, M. E., Cordeiro, A. M., Simões, M. P., Pinheiro-Alves, M. C., Santos, L. M., & Jordão, P. V. (2006).** Efeito da fertilização azotada na qualidade do azeite da cv. "Blanqueta", num solo derivado de calcário da região de Elvas [Effect of nitrogen fertilization on olive oil quality of cv. "Blanqueta", in a calcareous soil]. *Melhoramento (Portugal)*, 41, 94-98.
- **Meyer, S., Reeb, C., & Bosdeveix, R. (2008).** *Botanique: Biologie et physiologie végétales*. 2ème édition. Paris, France: Maloine. 467p.
- **Mohammadi, A., Nazari, H., Imani, S., & Amrollahi, H. (2014).** Antifungal activities and chemical composition of some medicinal plants. *Journal de Mycologie Médicale*, 24, [e1—e8].
- **Nasles, O. (2013).** *Protection raisonnée et biologique des oliviers: Les guides de l'Afidol*.
- **Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., Ayodele, D. T., & Odelade, K. A. (2019).** Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus* : A review. *Scientific African*, 6, e00137. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00137>
- Organisation Mondiale du Tourisme. (2021). Impact économique du tourisme rural lié à l'olivier.
- **Otunola, G. A. (2022).** Culinary Spices in Food and Medicine : An Overview of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. and L. M. Perry [Myrtaceae]. *Frontiers In Pharmacology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.793200>
- **Ouaza Khelouia, S. (2001).** « Étude de la tavelure de l'olivier (*Olea europaea* L.) en Algérie et biophysologie de l'agent pathogène *Spilocaea oleaginea* (Cast.) Hughes ». Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Padrini, F., & Lucheroni, M. T. (1996).** *Le grand livre des huiles essentielles*. Ed. de Vecchi.
- **Pagnol, J. (1975).** *L'olivier*. Ed. Aubanel, France, 180p.
- **Pansiot, F., & Rebour, H. (1960).** Amélioration de la culture de l'olivier. Études agricoles de la F.A.O. n° 50. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. 252 p.
- **Perrin, A., & Colsan, M. (1983).** L'appareil sécréteur chez les menthes : Modalité de stockage des essences dans les glandes à tête pluricellulaire. Acte du colloque : Les menthes en France, aspect scientifique, économique et industriel. Université Claude Bernard, Lyon I.

- **Petruzzello, M. (2019).** Olive. Dans *Encyclopædia Britannica*.  
<https://www.britannica.com/plant/olive-fruit>
- **Polese, J.-M. (2009).** Olivier, pas à pas: Jardiner construire bricoler. Aix-en-Provence: Édisud, Compagnie des Éditions de la Lesse, 96 p.
- **Prabhu, A. V., Khelfane, K., & Bekal, S. (1992).** Compilation des maladies fongiques des plantes en Algérie (Numéro de codification: 1.04.3682). Alger: Office des Publications Universitaires, Institut de Biologie, Université de Tizi Ouzou, 83p.
- **Rahajaan, J. D. (2018).** The Meaning of Nutmeg and Clove north Maluku in Popular Culture. *Balong Int. J. Des.* 1 (1), 897–906. doi:10.25134/balong.v1i1.1198.
- **REGIS S., (1998),** Dossier technique Avertissements Agricoles Olivier 1998, SRPV Provence Alpes Côte d'Azur, 28p.
- **Regnault-Roger, C. (2014).** Produits de protection des plantes: Innovation et sécurité pour une agriculture durable. (E. Leclerc, Dir. éd.) Paris, France: Lavoisier, 341 p.
- **Rossini, G. (1999).** « Mémoire de l'olivier ». Équinoxe.
- **Rossman, A.Y., Crous, P.W., Hyde, K.D., Hawksworth, D. L., Aptroot, A., Bezerra, J.L., et al. (2015).** Recommended names for pleomorphic genera in Dothideomycetes. *IMA Fungus* 6 (2), [507–523]. doi: 10.5598/ima fungus.2015.06.02.14.
- **Saad, D. (2009).** Étude des endomycorhizes de la variété Sigoise d'olivier (*Olea europaea* L.) et essai de leur application à des boutures semi-ligneuses multipliées sous nébulisation. Mémoire de magistère. Université d'Oran, Es-Sénia, 124 p.
- **Saeed, M., Khan, M. S., Alagawany, M., Farag, M. R., Alqaisi, O., Aqib, A. I., et al. (2021).** Clove (*Syzygium Aromaticum*) and its Phytochemicals in Ruminant Feed: an Updated Review. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali* 32, 273–285. doi:10.1007/s12210-021-00985-3.
- **Schubert, K., Rischel, A., and Braun, U. (2003).** A monograph of *Fusicladium* s.lat. (hyphomycetes). *Schlechtendalia* 9, [1–132].
- Système d'Information Taxonomique Intégré : **(ITIS). (2015).**  
<http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt>. Consulté le 14/08/15.
- **Talhinhas, P., Loureiro, A., & Oliveira, H. (2018).** Olive anthracnose: A yield- and oil quality-degrading disease caused by several species of *Colletotrichum* that differ in virulence, host preference and geographical distribution. *Molecular Plant Pathology*, 19(8), [1797-1807]. <https://doi.org/10.1111/mpp.12676>

- **Terral, J. F., & Arnold-Simard, G. (1996).** Beginnings of olive cultivation in eastern Spain in relation to Holocene bioclimatic changes. *Quaternary Research*, 46(2), [176-185].
- **Touaibia, M. (2015).** Composition chimique et activité anti-fongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis L.* sur milieu de laboratoire et sur les fruits du fraisier. *Nature & Technology, B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, (12), [65-70].
- **UPOV. (s.d).** Union internationale pour la protection des obtentions végétales. <https://www.upov.int/portal/index.html.fr>
- **Vilar, L., Caudullo, G., & De Rigo, D. (2016).** *Juniperus oxycedrus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/299454534 Juniperus oxycedrus in Europe distribution habitat usage and threats](https://www.researchgate.net/publication/299454534_Juniperus_oxycedrus_in_Europe_distribution_habitat_usage_and_threats)
- **Villa, P. (2003) :** La culture de l'olivier. De Vecchi Editions. Paris. 143p.
- **Wahedi, J. A., Vincent, V. M., Pukuma, S. M., Bawa, I. S., Agboola, O. O., Aju-Ahmeh, C. O., Filgona, J., & Olowoyo, J. O. (2024).** Phytochemical screening and larvicidal activities of *Cymbopogon citratus* and *Annona senegalensis* against *Culex quinquefasciatus*. *Scientific African*, 23, e02057.
- **Wichtl, M., Anton, R. (2003).** Plantes thérapeutiques. EMI/Tec & Doc, Paris, [119–121]. <http://www.montpellier-wired.com/pharmaco2/>; <http://plante-sante.net/>;
- **Wright, C. I., Van-Buren, L., Kroner, C. I., & Koning, M. M. (2007).** Herbal medicines as diuretics: a review of the scientific evidence. *Journal of ethnopharmacology*, 114(1), [1-31]. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.07.023>

---

## Annexe 1

### ➤ Préparation du milieu PDA

Pour isoler le champignon, nous avons utilisé un milieu PDA (Potato Dextrose Agar), composé de diverses substances exprimées en grammes par litre d'eau distillée. Ce milieu fournit les sources d'énergie nécessaires à la croissance du champignon.

Procédez à la stérilisation du flacon contenant le mélange dans un autoclave à une température supérieure à 104°C pendant une durée de 30 minutes. Le milieu PDA présente la composition suivante :

- Infusion de pomme de terre.....200g
- D-glucose.....15g
- Agar.....20g
- Eau distillée (ajuster) à.....2000ml

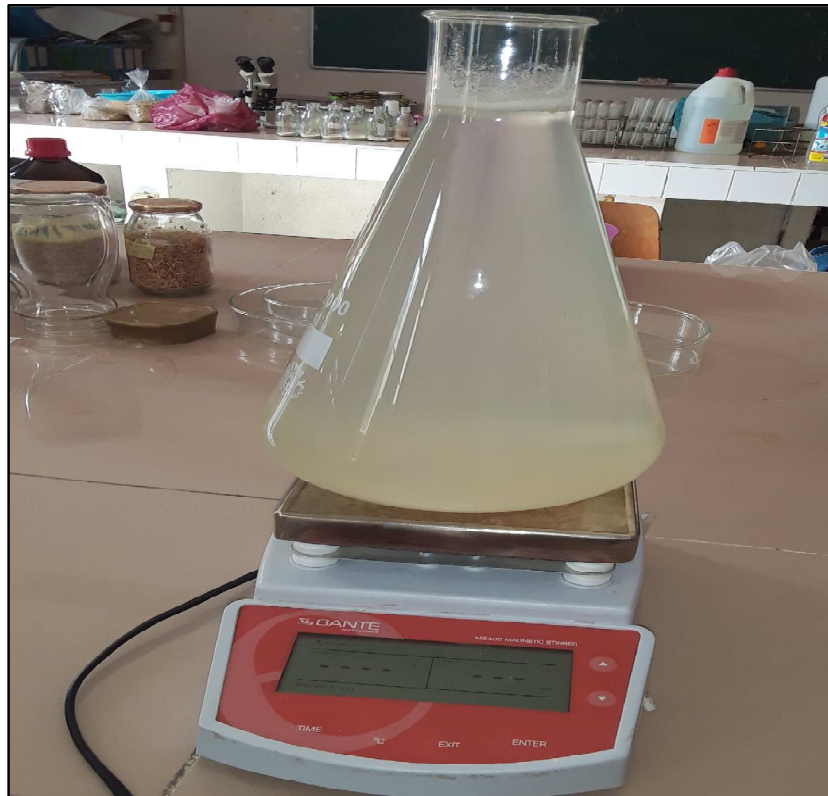
### **-Préparation**

Les pommes de terre doivent être épluchées et coupées en petits morceaux dans un litre d'eau. Chauffer et laisser cuire pendant environ 20 minutes.

Filter l'extrait de pommes de terre obtenu.

Combiner 15g de glucose avec 200ml d'extrait de pommes de terre et ajouter de l'eau distillée jusqu'à obtenir 2000ml.

Utiliser un agitateur pour remuer jusqu'à ce que les composants soient complètement dissous, figure 41.



**Figure 41:** Solution contenant du glucose, extrait de pomme de terre et l'eau distillée.  
Disposer le milieu dans des flacons contenant chacun 3,8 g de gélose et bien mélangé, figure 42.



**Figure 42:** La pesée de 3,8 g de gélose sur la balance électrique (à gauche) ; des flacons contenant de gélose (à droite).

Puis, procéder à une stérilisation à 104 °C pendant 30 minutes, figure 43.

Couler le milieu dans des boites de pétri.

Toutes les boîtes ont été fermées hermétiquement avec du parafilm, puis couvertes de papier aluminium pour éviter toute contamination. Elles ont ensuite été incubées dans une étuve à 37°C pendant 24h puis éliminer les boites contaminées.

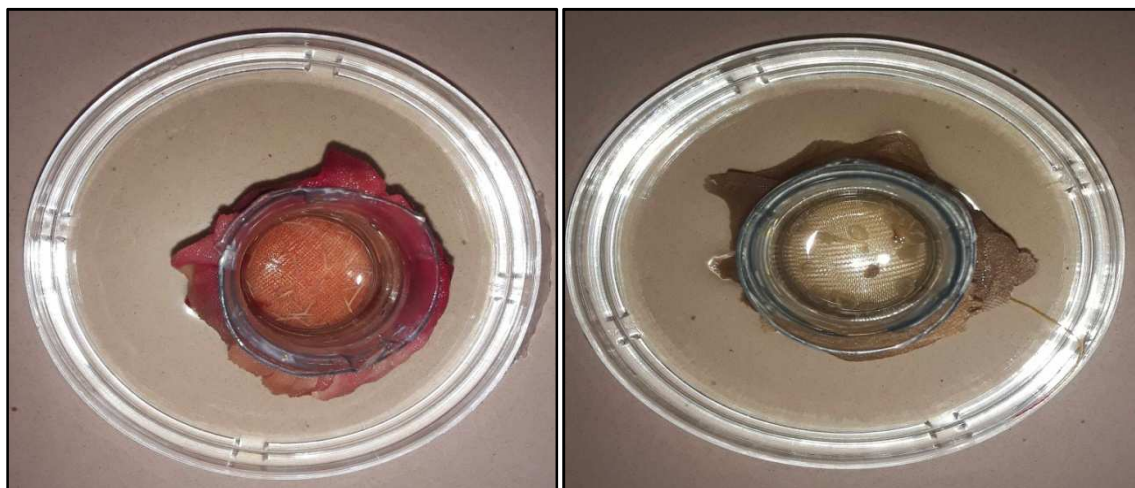


**Figure 43:** Milieu PDA.

## **Annexe 2**

### **➤ La double coloration**

La méthode de double coloration a été initiée par Deyson (1954). Elle consiste en la réalisation de coupes fines à l'aide d'une lame Gillette. Ces dernières sont placées dans un tamis lui-même plongé dans une boîte de pétri contenant une solution d'eau additionnée d'eau de Javel (hypochlorite de sodium) pendant 20 minutes (décoloration des coupes). Il est alors procédé au rinçage des coupes à l'eau distillée, figure 44.



**Figure 44:** Coupes fines de feuilles d'oliviers infectées par *S.oleaginea* (à gauche), de clou de girofle (à droite).

Par la suite, de l'acide acétique est appliqué afin de neutraliser l'excès d'eau de javel pendant 15 à 18 secondes, suivi d'un rinçage minutieux à l'eau distillée.

Du vert de méthyle est versé pour la coloration des tissus lignifiés pendant 15 minutes.

Les coupes sont rincées abondamment puis colorées au rouge Congo pendant 15 minutes.

Un rinçage est également effectué pour éliminer l'excès de colorant.

Les coupes sont montées entre lame et lamelle pour l'observation microscopique.

Cette méthode est appliquée à la fois sur les feuilles saines et celles infectées par la maladie, ainsi que sur des échantillons de clou de girofle, figures 32, 33, 34 et 37.

### Annexe 3

#### ➤ La méthode du papier adhésif :

C'est une méthode qui permet une observation rapide et efficace des conidies de *Spilocaea oleaginea* sur les feuilles d'olivier infectées. Pour ce faire, un morceau de papier adhésif est appliqué sur la surface infectée de la feuille. En appuyant légèrement, puis en retirant rapidement le papier adhésif, les conidies et autres structures superficielles sont prélevées. Le papier adhésif est ensuite placé sur une lame de microscope, avec la face adhésive contenant les conidies en contact avec la lame.

Cette technique, simple et rapide, permet de visualiser directement les spores fongiques, facilitant ainsi l'identification et l'étude de l'infection, figure 36.

## Annexe 4

### Analyse de la variance pour l'effet d'HE et dose

- Résultat de l'ANOVA**

-Les p-value sont significatives, il existe un effet du type d'espèce et de la dose sur la variable diamètre.

**Tableau 4:** Univariate Tests of Significance for Diamètre (Spreadsheet2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition.

	<b>SS</b>	<b>ddl</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
<b>Intercept</b>		0			
<b>Espèce</b>	249,1934	2	124,5967	126,0656	0,000000
<b>Dose</b>	22,5186	2	11,2593	11,3920	0,000046
<b>Error</b>	77,0912	78	0,9883		

- Résultat du test de Newman-Keuls (pour les groupes homogènes)**

-Le test Newman-Keuls pour le facteur espèce révèle 4 groupes homogènes (le témoin, la citronnelle, le girofle et le genévrier).

**Tableau 5:** Newman-Keuls test; variable Diamètre (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,98835, df = 78,000.

	<b>Espèce</b>	<b>Diamètre - Mean</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	Citronnelle	1,396154	**** a			
<b>1</b>	GIROFLE	3,124074		**** b		
<b>2</b>	Genévrier	5,820000			**** c	
<b>4</b>	Temoin	6,983333				**** d

-Le test Newman-Keuls pour le facteur dose révèle 3 groupes homogènes (le témoin, la dose 5, et les doses 7,5 et 10 dans un même groupe).

**Tableau 6:** Newman-Keuls test; variable Diamètre (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,98835, df = 78,000.

	<b>Dose</b>	<b>Diamètre - Mean</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	D7,5	2,822000	****		
<b>4</b>	D10	3,178846	****		
<b>2</b>	D5	4,183333		****	
<b>1</b>	D0	6,983333			****

## **Résumé :**

Les huiles essentielles de clou de girofle, de citronnelle et de genévrier ont été extraites par entraînement à la vapeur d'eau ont été testées à différentes doses (5 ; 7,5 et 10  $\mu$ l) sur la croissance radiale d'un agent pathogène responsable de la tavelure de l'olivier (*Spilocaea oleaginea*). Le test accompli par la méthode des puits sur milieu gélosé (PDA) a révélé des résultats encourageants. En effet, le diamètre de croissance des implants du champignon a été réduit significativement en comparaison des boîtes témoins. Ainsi, avec un volume de 10  $\mu$ l, la croissance radiale était de  $4,95 \pm 0,75$  cm pour l'HE de genévrier, de  $2,74 \pm 1,29$  pour l'HE de clou de girofle et aucune croissance en présence de celle de citronnelle.

**Mots clés :** Huiles essentielle, croissance radiale, *Spilocaea oleaginea*.

## **Abstract :**

Essential oils of clove, lemongrass, and juniper were extracted by steam distillation and tested at different doses (5; 7.5 and 10  $\mu$ l) on the radial growth of a pathogenic agent responsible for olive leaf spot (*Spilocaea oleaginea*). The test carried out by the well method on agar medium (PDA) revealed encouraging results. Indeed, the growth diameter of the fungal implants was significantly reduced compared to the control plates. Thus, with a volume of 10  $\mu$ l, the radial growth was  $4.95 \pm 0.75$  cm for the juniper essential oil,  $2.74 \pm 1.29$  for the clove essential oil, and no growth in the presence of the lemongrass essential oil.

**Keywords :** Essential oils, Radial growth, *Spilocaea oleaginea*.