REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de **Master**

En Sciences agronomiques

Spécialité : Phytopathologie

Par :

BOUSTA Lamis

DJENID Bouchra

Thème :

Étude de l'effet antifongique et antibactérien des extraits de plantes aromatiques et médicinales sur des agents Phytopathogènes

Soutenue publiquement le : 23/06/2026, Devant le jury composé de :

Mr . CHAOUCH A	**MCA**	U. Médéa	Président
Mme NABI F	**PRO**	U. Médéa	Examinateur
Mme CHAOUATI K	**MCB**	U. Médéa	Encadrante

Année universitaire 2025/2026

Remerciement

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre promotrice, ***Madame Chaouati Karima****, pour son encadrement, sa disponibilité, son soutien constant et ses précieux conseils. Nous lui sommes profondément reconnaissants pour les encouragements qu'elle nous a prodigués tout au long de la réalisation de ce mémoire et pour avoir été présente à chaque étape de notre travail.*

Nous exprimons notre profonde gratitude aux membres du jury qui nous font l'honneur d'évaluer ce travail :

- Monsieur ***Chaouch Abd El Razek****, Président du jury.*

- Professeure ***Nabi Fahima****, Examinatrice.*

Nous adressons également nos sincères remerciements à Docteure ***Bekkouche Amina*** *pour sa disponibilité, ses conseils avisés, son accompagnement et ses encouragements permanents qui nous ont été d'un grand soutien.*

Nos remerciements s'adressent aussi à la Conservation des Forêts de la wilaya de Médéa, ainsi qu'à la Circonscription des Forêts de Berrouaghia, pour leur accueil, leur aide et leur accompagnement lors de la sortie de terrain, qui nous a permis d'effectuer la collecte du matériel végétal nécessaire à cette étude.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont soutenus, encouragés et aidés à réaliser ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicaces

Mon père, Merzak BOUSTA
À mon cher père,
Aucun mot ne saurait exprimer toute ma gratitude et mon amour envers toi. Tu as toujours été mon soutien, mon exemple de courage, de patience et de persévérance. Grâce à tes sacrifices, à tes efforts et à ton travail acharné, j'ai pu avancer sur le chemin de mes études avec confiance.
Merci pour toutes les fois où tu as cru en moi, même lorsque je doutais de moi-même. Merci pour ton affection, tes conseils précieux et ta présence constante. Que ce travail soit le témoignage de ma profonde reconnaissance et une petite récompense pour tout ce que tu as fait pour moi.

À ma mère, Ouahiba ZOUAOUI
À ma très chère mère,
Cette réussite est avant tout la tienne. Merci pour ton amour inconditionnel, ta tendresse infinie, tes prières sincères et tous les sacrifices que tu as consentis pour mon bonheur et ma réussite.
Tu as toujours été présente dans les moments de joie comme dans les moments de difficulté. Tes encouragements, ta patience et ton soutien indéfectible m'ont donné la force de poursuivre mon parcours. Aucun mot ne pourra jamais refléter l'immensité de ma gratitude envers toi.

Que Dieu te protège et te récompense pour tout ce que tu as fait pour moi.

À mon cher frère Abd Elghani,
Merci pour ton soutien, tes encouragements et ta présence à mes côtés tout au long de ce parcours. Ta confiance en moi a été une source de motivation et de force.

À ma chère sœur Aya,
Merci pour ton soutien, ton affection et les moments de bonheur partagés. Ta présence dans ma vie est un véritable cadeau.
Je te souhaite beaucoup de réussite et de bonheur.

mon adorable sœur Amal Wissal,
Je te remercie pour ton amour, ton soutien et ta présence qui ont illuminé mon parcours. Ton affection a toujours été pour moi une source de réconfort et de motivation.

À ma tendre petite sœur Bouchra,
Tu es une source de joie, de douceur et de bonheur dans notre famille. Ton sourire et ton affection ont souvent rendu mes journées plus belles.

À moi-même,
Pour chaque défi surmonté, chaque nuit de travail, chaque moment de doute transformé en détermination. Je suis fière du chemin parcouru et de cette réussite qui récompense tous mes efforts. Que ce mémoire soit le premier pas vers un avenir plein de réussite et d'espoir.

Lamis BOUSTA

اهداء

ابي الغالي: نجاحي اليوم ليس لي وحدي بل لك انت يا من غرست في نفسي القوة والاصرار يا من كانت انتسامتك أمل وكلماتك قوة وكان دعاؤك لي زادا حتى بلغت القمة

لم يكن طريقي سهلا ولا الحلم قريبا ولكنني فعلتها ونلتها من اجلك إلى أمي.....

إلى القلب الذي كان يحمل عني التعب وكأنه لا يتعب، إلى اليد التي

امتدت لي دائماً دون أن تطلب شيئاً بالمقابل، إلى الحضن الذي كان يرمم تعبي

دائماً دون كلام،

إليكِ أهدي هذا الإنجاز...

فهذا النجاح كان وراءه صبركِ وتعبكِ، وهذه الفرحة بدأت من قلبكِ قبل قلبي، فلو كان للنجاح روح...

لكان أنتِ.

إلى إخوتي...

إلى السند الذي لا يضعف، والظهر الذي لا ينكسر،

إلى من كانوا بجانبي دون طلب، وإلى من كانوا معي في كل تعب قبل أي فرح، إليكم أهدي هذا النجاح بكل

حب،

فأنتم جزء من قلبي قبل أن تكونوا جزءاً من رحلتي

إلى من شاركني لحظات اليأس والأمل، وكان ملاذي الآمن ورفيق دربي، وآمن بي حين لم أكن أؤمن بنفسي، وساندني بكل حب في أوقات ضعفي، وكان طمأنينتي حين ضاقت بي الأيام".

إلى نفسي...

Bouchra

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا والمضاد للفطريات للمستخلصات المائية والميثانولية لمختلف أعضاء نباتي *Pistacia lentiscus* و *Pistacia atlantica*. تم اختبار هذه المستخلصات ضد بكتيريتين ممرضتين للنبات هما *Erwinia* sp. و*Pseudomonas* sp. ، وضد أربعة فطريات ممرضة للنبات تابعة لجنسي *Aspergillus* و *Fusarium*. أظهرت النتائج وجود نشاط مضاد للميكروبات يختلف باختلاف النوع النباتي والعضو النباتي والمذيب المستعمل في الاستخلاص والتركيز المستخدم. وقد أظهرت المستخلصات الميثانولية فعالية أكبر مقارنة بالمستخلصات المائية. كما سجلت ثمار *Pistacia lentiscus* الناضجة وثمار *Pistacia atlantica* غير الناضجة أعلى نشاط تثبيطي ضد البكتيريا المدروسة. وتشير هذه النتائج إلى أن هذين النوعين يمثلان مصدراً واعداً للمركبات الحيوية الفعالة التي يمكن استغلالها في المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة للنبات.

الكلمات المفتاحية : *Pistacia lentiscus* ، *Pistacia atlantica*، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات، *Erwinia* sp.، *Pseudomonas* sp.، *Aspergillus* sp.، *Fusarium* sp.، المستخلصات النباتية.

Résumé

Cette étude a porté sur l'évaluation des activités antibactérienne et antifongique des extraits aqueux et méthanoliques de différentes parties de *Pistacia lentiscus* L. et *Pistacia atlantica* Desf. Les extraits ont été testés contre deux bactéries phytopathogènes (*Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.) et quatre champignons phytopathogènes appartenant aux genres *Aspergillus* et *Fusarium.* Les résultats ont révélé une activité antimicrobienne variable selon l'espèce végétale, l'organe étudié, le type d'extraction et la concentration utilisée. Les extraits méthanoliques ont généralement présenté les activités les plus importantes. Les fruits matures de *Pistacia lentiscus* et les fruits non matures de *Pistacia atlantica* ont montré les meilleurs effets inhibiteurs contre les bactéries testées. Ces résultats suggèrent que les deux espèces de *Pistacia* constituent une source prometteuse de composés bioactifs pouvant être valorisés dans la lutte biologique contre les agents phytopathogènes.

Mots-clés : *Pistacia lentiscus*, *Pistacia atlantica*, activité antibactérienne, activité antifongique, *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., extraits végétaux.

Abstract

This study aimed to evaluate the antibacterial and antifungal activities of aqueous and methanolic extracts obtained from different organs of *Pistacia lentiscus* L. and *Pistacia atlantica* Desf. The extracts were tested against two phytopathogenic bacteria (*Erwinia* sp. and *Pseudomonas* sp.) and four phytopathogenic fungi belonging to the genera *Aspergillus* and *Fusarium*. The results revealed variable antimicrobial activity depending on the plant species, plant organ, extraction solvent, and concentration used. Methanolic extracts generally exhibited the highest biological activity. Mature fruits of *Pistacia* lentiscus and immature fruits of *Pistacia atlantica* showed the strongest inhibitory effects against the tested bacteria. These findings highlight the potential of both *Pistacia* species as valuable sources of bioactive compounds for the biological control of phytopathogenic microorganisms.

Keywords: *Pistacia lentiscus*, *Pistacia atlantica*, antibacterial activity, antifungal activity, *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., plant extracts.

Sommaire :

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Description des plantes étudiées

I. Généralité. 3

I.1. *Pistacia lentiscus* 3

I.1.1. Présentation de l'espèce *Pistacia lentiscus* 3

I.1.2. Classification taxonomique 4

I.1.3. Description botanique et produits dérivés de *Pistacia lentiscus* 4

I.1.3.1. Description botanique 4

I.1.3.2. Produits dérivés de *Pistacia lentiscus* 6

I.1.4. Répartition géographique 7

I.1.4.1. Dans le monde. 7

I.1.4.2. En Algérie. 8

I.1.5. Exigences écologiques 9

I.1.6. Compositions chimiques 9

I.1.6.1. Les polyphénols 10

I.1.6.2. Les flavonoïdes 10

I.1.7. Études antérieures 10

I.1.8. Usage thérapeutique 14

I.1.8.1. Usage traditionnel 14

I.1.8.2. Usage moderne..... 14

I.1.9. Principaux métabolites secondaires isolés de l'espèce.....14

I.2. *Pistacia atlantica*.....16

I.2.1. Présentation de l'espèce *Pistacia atlantica*.....16

I.2.2. Classification taxonomique 17

I.2.3. Description botanique et produits dérivés 17

I.2.3.1. Description botanique 17

I.2.3.2. Produits dérivés..... 20

I.2.4. Répartition géographique 21

I.2.4.1. Dans le monde..... 21

I.2.4.2. En Algérie 21

I.2.5. Exigences écologiques 22

I.2.6. Les compositions chimiques 22

I.2.6.1. Les polyphénols 23

I.2.6.2. Les flavonoïdes 23

I.2.7. Études antérieures 23

I.2.8. Usage thérapeutique 26

I.2.8.1. Usage traditionnel 26

I.2.8.2. Usage moderne. 26

I.2.9. Principaux métabolites secondaires isolés de l'espèce.....27

Chapitre II : Les maladies phytopathogènes

II. Généralités sur les maladies phytopathogènes.....28

II.1. Les champignons phytopathogènes 28

II.1.2. Généralités sur les champignons phytopathogènes.....28

II.1.2. Le genre *fusarium* 29

II.1.3. Le genre *Aspergillus* 30

II.2. Les bactéries phytopathogènes 31

II.2.1. Généralités sur les bactéries phytopathogènes.....31

II.2.1. Le genre *Erwinia* 32

II.2.2. Le genre *Pseudomonas* 33

II.3. Méthodes de lutte contre les maladies phytopathogènes.....34

II.3.1. La lutte préventive..... 34

II.3.2. La lutte biologique.....34

II.3.3. La lutte agronomique..... 34

II.3.4. La lutte génétique 35

II.3.5. La lutte chimique 35

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

III. Matériels et méthodes 36

III.1. Matériels.....36

III.1.1. Matériel végétal..... 36

III.1.1.1. Présentation des régions d'étude..... 36

III.1.1.2. Pluviométrie 37

III.1.1.3. Températures 38

III.1.1.4. Description des stations d'étude..... 40

III.1.2. Matériel biologique.....41

III.1.2.1. Les souches fongiques..... 41

III.1.2.2. Les souches bactériennes.....41

III.1.2.3. Matériel de laboratoire..... 42

III.2. Méthodes 43

III.2.1. Préparation de l'extrait.....43

III.2.1.1. Séchage, broyage et tamisage de la plante 43

III.2.1.2. Extraction aqueuse 43

III.2.1.3. Extraction hydro-méthanolique.....44

III.2.1.4. Calcul du rendement d'extraction.....45

III.3. Evaluation d'activité biologique.....47

III.3.1. Activité antifongique.....47

III.3.1.1. Préparation du milieu de culture.....47

III.3.1.2. Repiquage et entretien des souches fongiques.....47

III.3.1.3. Évaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux.....48

III.3.1.4. Calcul du pourcentage d'inhibition.....48

III.3.2. Activité antibactérienne.....50

III.3.2.1. Préparation des milieux de culture.....50

III.3.2.2. Préparation et entretien des souches bactériennes.....50

III.3.2.3. Préparation des extraits.....51

III.3.2.4. Évaluation de l'activité antibactérienne.....52

Chapitre IV : Résultats et discussion

Résultats.....55

IV. Evaluation des activités biologiques.....55

IV.1. Activité antibactérienne.....55

IV.1.1. Activité antibactérienne des extraits des différentes parties de *P. lentiscus*.....55

IV.1.2. Activité antibactérienne des extraits des différentes parties de *P. atlantia* 58

Discussion..... 60

Résultats..... 67

IV.2. Activité antifongique..... 67

IV.2.1. Activité antifongique de *P.lentiscus* 67

IV.2.1.1. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 1 67

IV.2.1.2. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 2 70

IV.2.1.3. Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 1..... 73

IV.2.1.4. Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 2 76

IV.2.2. Activité antifongique de *P.atlantica* 79

IV.2.2.1. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 1 79

IV.2.2.2. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 2 82

IV.2.2.3. Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 1..... 85

IV.2.2.4. Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 2 88

Discussion..... 91

Conclusions et perspectives

Conclusions générales..... ……97

Perspectives..... 99

Références Bibliographiques

Références bibliographiques..... 100

Annexes

Annexes..... 116

Liste des figures

Figure I.1.	Arbuste de *Pistacia lentiscus* **(Beldi et *al*., 2021).**	Page 5
Figure I.2.	Feuilles de *Pistacia lentiscus* **(Djedaia, 2017).**	Page 6
Figure I.3.	Fruits noirs de *Pistacia lentiscus* **(Bereksi Reguig et *al.*, 2021).**	Page 6
Figure I.4.	Fleurs de *Pistacia lentiscus* **(Dubois et *al*., 2022).**	Page 6
Figure I.5.	Fruits rouges de *Pistacia lentiscus* **(Saïdi et *al*., 2023).**	Page 6
Figure I.6.	Aire de répartition du genre *Pistacia lentiscus* dans le monde **(Chaouati, 2025).**	Page 8
Figure I.7.	Aire de répartition du *Pistacia lentiscus* en Algérie **(Dris, 2020).**	Page 9
Figure I.8.	Arbre du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) **(Guenane, 2017).**	Page 18
Figure I.9.	Feuilles de *Pistacia atlantica* **(Guenane, 2017).**	Page 19
Figure I.10.	Fruits rouges de *Pistacia atlantica* **(Bereksi Reguig et *al*., 2021).**	Page 19
Figure I.11.	Fruits noirs de *Pistacia atlantica* **(Labdelli et *al*., 2020).**	Page 19
Figure I.12.	Système racinaire au stade jeune de *Pistacia atlantica* Desf. **(Mechiah, 2023).**	Page 20
Figure I.13.	Système racinaire à extension latérale au stade adulte de *Pistacia atlantica* Desf. **(Mechiah, 2023).**	Page 20
Figure I.14.	Aire de distribution naturelle de *Pistacia atlantica* dans le Monde **(Guelmani, 2023).**	Page 21
Figure I.15.	Distribution géographique des peuplements de *Pistacia atlantica* en Algérie **(Guelmani, 2023).**	Page 22
Figure III.1.	Carte géographique des stations de Berrouaghia.	Page 37
Figure III.2.	Carte géographique des stations de Béni Slimane.	Page 37

Figure III.3.	Données climatiques de précipitations de Berrouaghia (2017-2026)	Page 38
Figure III.4.	Données climatiques de précipitations de Béni Slimane (2017-2026).	Page 38
Figure III.5.	Moyenne mensuelle des températures de la région de Berrouaghia (2017-2026).	Page 39
Figure III.6.	Moyenne mensuelle des températures de la région de Béni Slimane (2017-2026).	Page 39
Figure III.7.	Zone d'échantillonnage de Berrouaghia.	Page 41
Figure III.8.	Zone d'échantillonnage de Béni Slimane.	Page 41
Figure III.9.	Les souches fongiques.	Page 41
Figure III.10.	Les souches bactériennes.	Page 42
Figure III.11.	Séchage, broyage et tamisage de la plante étudiée.	Page 43
Figure III.12.	Protocole expérimental des extractions méthanolique et aqueuse.	Page 46
Figure III.13.	Préparation des dilutions des extraits.	Page 47
Figure III.14	Étapes du repiquage des souches fongiques sur milieu Sabouraud et obtention de cultures actives (Originale, 2026).	Page 47
Figure III.15	Activité antifongique (Originale 2026).	Page 49
Figure III.16	Préparation des dilutions des extraits (Originale 2026).	Page 51
Figure III.17	Activité antibactérienne (Originale 2026).	Page 53
Figure IV.1	Diamètre des zones d'inhibition des extraits méthanoliques des différents organes de *Pistacia lentiscus* vis-à-vis de *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.	Page 57
Figure IV.2.	Diamètre des zones d'inhibition des extraits méthanoliques des différents organes de *Pistacia atlantica* vis-à-vis de *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.	Page 59
Figure IV.3.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1	Page 68
Figure IV.4.	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*	Page 69

Figure IV.5.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2	Page 71
Figure IV.6.	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*	Page 72
Figure IV.7.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 1	Page 74
Figure IV.8.	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*	Page 75
Figure IV.9.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 2	Page 77
Figure IV.10.	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*	Page 78
Figure IV.11.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1	Page 80
Figure IV.12.	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica*	Page 81
Figure IV.13.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2	Page 83
Figure IV.14.	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica*	Page 84
Figure IV.15.	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 1	Page 86

Figure IV.16	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica*	Page 87
Figure IV.17	Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne d'*Aspergillus* sp. 2	Page 89
Figure IV.18	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica*.	Page 90

Liste des tableaux

Tableau I.1	Taxonomie de *Pistacia lentiscus* selon Linné	Page 4
Tableau I.2	Principaux constituants chimiques de *Pistacia lentiscus* rapportés dans les études antérieures	Page11
Tableau I.3	Principales activités biologiques de *Pistacia lentiscus* rapportées dans les études antérieures	Page 12
Tableau I.4	Taxonomie de *Pistacia atlantica* Desf.	Page 17
Tableau I.5	Principaux constituants chimiques de *Pistacia atlantica* rapportés dans les études antérieures	Page 23
Tableau I.6	Principales activités biologiques de *Pistacia atlantica*	Page 35
Tableau III.1	Localités étudiées.	Page 40
Tableau III.2	Concentrations des extraits utilisées pour l'évaluation de l'activité antifongique.	Page 48
Tableau III.3	Concentrations des solutions utilisées pour l'évaluation de l'activité antibactérienne.	Page 51

Liste des Abréviations

PMA	Plantes Médicinales et Aromatiques
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Chromatographie Liquide Haute Performance)
GC-MS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry (Chromatographie en Phase Gazeuse Couplée à la Spectrométrie de Masse)
HE	Huile Essentielle
P. lentiscus	*Pistacia lentiscus*
P. atlantica	*Pistacia atlantica*
α-pinène	Alpha-pinène
β-pinène	Bêta-pinène
MeOH	Extrait méthanolique
Aqu	Extrait aqueux
F	Feuille
P	Pédoncule
FN	Fruit non mature
FM	Fruit mature
D1	Première dilution (concentration la plus élevé
D2	Deuxième dilution
D3	Troisième dilution
J3	3 jours d'incubation

J5	5 jours d'incubation
J6	7 jours d'incubation
SP	Espèce non déterminée

Introduction générale

Introduction générale

Les plantes médicinales et aromatiques occupent une place importante dans les domaines de la santé, de l'agriculture et de l'industrie grâce à leur richesse en métabolites secondaires biologiquement actifs. Depuis plusieurs décennies, l'intérêt porté à ces ressources naturelles ne cesse de croître en raison de leurs propriétés pharmacologiques et de leur potentiel comme alternatives aux produits chimiques de synthèse. Les polyphénols, flavonoïdes, terpènes et autres composés bioactifs présents dans ces plantes sont reconnus pour leurs activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans la lutte contre de nombreuses maladies humaines et végétales **(Muntean et *al*., 2021 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Mahjoub et *al*., 2018).**

Parallèlement, les maladies phytopathogènes causées par les bactéries et les champignons représentent une menace majeure pour les cultures agricoles à travers le monde. Elles entraînent d'importantes pertes économiques en réduisant la qualité et le rendement des productions végétales. Bien que les pesticides chimiques soient largement utilisés pour leur contrôle, leur utilisation excessive favorise l'apparition de résistances chez les microorganismes et engendre des impacts négatifs sur l'environnement, la biodiversité et la santé humaine. Cette situation encourage la recherche de solutions plus durables et respectueuses de l'environnement **(Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Bendouina et *al*., 2025).**

Dans ce contexte, les extraits végétaux constituent une alternative prometteuse grâce à leur richesse en substances naturelles capables d'exercer des activités antifongiques et antibactériennes. De nombreuses études ont démontré que plusieurs espèces médicinales produisent des molécules bioactives capables d'inhiber la croissance des microorganismes phytopathogènes tout en présentant une faible toxicité pour les écosystèmes. Cette approche s'inscrit dans le développement d'une agriculture durable basée sur la valorisation des ressources naturelles locales **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Pekacar et Orhan, 2022).**

Parmi les espèces les plus intéressantes figure *Pistacia lentiscus* L., arbuste méditerranéen appartenant à la famille des *Anacardiaceae*. Cette plante est largement utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses affections et se distingue par une composition chimique riche en polyphénols, flavonoïdes, terpènes et huiles essentielles. Plusieurs travaux scientifiques lui attribuent des activités antioxydantes, antibactériennes, antifongiques et anti-inflammatoires, justifiant son intérêt dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire **(Sehaki et *al*., 2023 ; Floris et *al*., 2024).**

Le pistachier de l'Atlas*, Pistacia atlantica* Desf., représente également une espèce d'un grand intérêt écologique et thérapeutique. Adaptée aux régions arides et semi-arides, cette espèce est largement répandue en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Ses feuilles, ses fruits, sa résine et ses racines renferment de nombreux composés phénoliques et terpéniques responsables d'activités antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et enzymatiques, ce qui en fait une source prometteuse de molécules naturelles à haute valeur biologique **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2024).**

Les agents phytopathogènes ciblés dans cette étude comprennent deux bactéries, *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp., ainsi que quatre champignons appartenant aux genres *Fusarium* et *Aspergillus*. Responsables d'importantes maladies des plantes et de pertes agricoles, ce qui justifie leur choix comme modèles biologiques dans cette étude.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* contre les agents phytopathogènes présente ainsi un intérêt scientifique et économique considérable. La mise en évidence de leurs propriétés biologiques pourrait contribuer au développement de biofongicides et de bioagents antibactériens naturels capables de réduire l'utilisation des pesticides chimiques tout en assurant une meilleure protection des cultures agricoles.

Dans cette perspective, le présent travail a pour objectif d'étudier l'effet antifongique et antibactérien des extraits de *Pistacia lentiscus* et de *Pistacia atlantica* sur différents agents phytopathogènes, tout en mettant en évidence leur potentiel comme source de substances naturelles utilisables dans la protection des végétaux et la valorisation des ressources phytogénétiques algériennes.

Pour la restitution de nos résultats, ce document est scindé en trois chapitres qui sont composés d'une introduction et suivis d'une conclusion et des perspectives.

- ✓ Ainsi, le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique sur les plantes étudiées.
- ✓ Le deuxième chapitre porte à la synthèse bibliographique sur les maladies phytopathogènes.
- ✓ Le troisième chapitre porte sur la partie expérimentale avec une présentation des Techniques d'études en terrain, d'extractions, techniques d'analyse utilisées et des méthodes d'évaluation les activités biologiques.
- ✓ Le quatrième chapitre présente les résultats de l'évaluation des propriétés biologiques des métabolites secondaires des extraits des deux espèces.

Partie I :
Synthèse bibliographique

Chapitre I :
Description des plantes étudiées

I. Généralité :

Les plantes médicinales et aromatiques (PMA) représentent une ressource naturelle importante en raison de leur richesse en composés bioactifs. Les plantes médicinales sont largement exploitées dans les systèmes de médecine traditionnelle pour leurs propriétés thérapeutiques, tandis que les plantes aromatiques sont principalement valorisées pour leurs huiles essentielles, reconnues pour leurs caractéristiques olfactives et gustatives. En outre, les PMA trouvent de nombreuses applications dans différents secteurs, notamment l'industrie cosmétique, l'alimentation fonctionnelle ainsi que la fabrication de colorants d'origine naturelle **(Muntean et *al*., 2021).**

La famille des *Anacardiacées* est largement répartie dans différentes régions du monde, notamment dans les zones tempérées d'Amérique du Nord, d'Asie et d'Europe, ainsi qu'en Amérique du Sud, en Afrique et en Australie. Toutefois, cette famille présente une diversité plus importante dans les régions tropicales, particulièrement en Asie du Sud-Est, qui constitue son principal centre de diversité **(Mitchell et *al*., 2022).**

Parmi les genres les plus importants de cette famille figure le genre *Pistacia.* Ce genre appartient à la famille cosmopolite des *Anacardiacées*, de l'ordre des *Sapindales*, qui comprend environ 70 genres et plus de 600 espèces. Selon Zohary (1952), le genre *Pistacia* comprend 11 espèces reconnues sur la base de critères morphologiques. Il présente une large distribution disjointe dans l'hémisphère Nord, avec environ sept espèces dans la région méditerranéenne (Eurasie méditerranéenne et Afrique adjacente), deux ou trois espèces en Asie orientale et une ou deux espèces dans le sud-ouest des États-Unis et au Mexique. Plusieurs espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle et sont mentionnées dans diverses pharmacopées **(Ben Ahmed et *al*., 2021).**

I.1. *Pistacia lentiscus* :

I.1.1. Présentation de l'espèce *Pistacia lentiscus* :

Le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.), également appelé arbre à mastic ou lentisque **(Debbabi et *al.*, 2017),** est un arbuste ou un petit arbre à feuillage persistant, au port tortueux et branchu, typique des garrigues et des maquis méditerranéens **(Vennetier et Plazanet, 2022).** Il s'agit d'une espèce végétale spontanée largement répandue dans le bassin méditerranéen **(Saïdi, 2023),** où elle pousse à l'état sauvage et présente une vaste répartition géographique ainsi que bioclimatique **(Harrat et *al*., 2018 ; Bouyahya et *al*., 2021).**

Adaptée à différents types de sols, avec une préférence pour les sols siliceux. En Algérie, l'espèce est particulièrement présente sur le littoral, le long du Tell et dans les zones forestières **(Bereksi Reguig et *al*., 2021).** Le nom « arbre à mastic » provient de la résine aromatique appelée mastic, extraite du tronc et des branches de *P. lentiscus* **(Floris et *al*., 2024).**

I.1.2. Classification taxonomique :

La classification taxonomique de *Pistacia lentiscus* L. est présentée dans le tableau I.1.

Tableau I.1 : Taxonomie de *Pistacia lentiscus* selon **Linné (Sehaki, 2022).**

Rang	Nom Scientifique
Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	*Sapindales*
Famille	*Anacardiaceae*
Genre	*Pistacia*
Espèce	*Pistacia lentiscus* L.

I.1.3. Description botanique et produits dérivés de *Pistacia lentiscus* :

I.1.3.1. Description botanique :

Pistacia lentiscus L. est un arbrisseau vivace de 1 à 3 mètres de haut, dioïque et thermophile, présentant une odeur résineuse très prononcée **(Saïdi et *al*., 2023)**, Il se caractérise par des feuilles persistantes, épaisses, luisantes et de couleur vert foncé, portant de courtes grappes axillaires de petits fruits qui deviennent noirs à maturité **(Beldi et *al*., 2021).**



Figure I.1 : Arbuste de *Pistacia lentiscus* **(Beldi et *al*., 2021).**

Pistacia lentiscus L est caractérisée par :

L'écorce : est résineuse, de couleur brun rougeâtre et lisse sur les jeunes branches, virant progressivement au gris avec le temps **(Saïdi et *al*., 2023).**

Les branches : sont tortueuses et pressées, formant une masse serrée **(Saïdi et *al*., 2023).**

Les feuilles : sont persistantes, composées et paripennées. Leur rachis ailé porte de 2 à 5 paires de folioles étroites et coriaces, de forme ovale à elliptique, se terminant par une petite pointe **(Dubois et *al*., 2022).**

Les fleurs : unisexuées d'environ trois millimètres de diamètre, apparaissent au printemps (de mars à mai). Elles sont aromatiques, mâles ou femelles, et se présentent en petits bouquets. Les fleurs femelles sont vert jaunâtre, tandis que les fleurs mâles sont rouge foncé **(Sehaki et *al*., 2022).**

Le fruit : est une drupe monosperme arrondie de quatre à six millimètres de diamètre. Le fruit est d'abord vert, puis rouge, et devient noirâtre à maturité en automne **(Sehaki et *al*., 2022).**

La résine : également appelée mastic, est le produit le plus connu de cette plante. C'est une substance aromatique et résineuse qui s'écoule du tronc et des branches principales **(Sehaki et *al*., 2022).**



Figure I.2 : Feuilles de *Pistacia lentiscus* **(Djedaia, 2017).**



Figure I.3 : Fruits noirs de *Pistacia lentiscus* **(Bereksi Reguig et *al.*, 2021).**



Figure I.4 : Fleurs de *Pistacia lentiscus* **(Dubois et *al*., 2022).**



Figure I.5 : Fruits rouges de *Pistacia lentiscus* **(Saïdi et *al*., 2023).**

I.1.3.2. Produits dérivés de *Pistacia lentiscus* :

Le bois du lentisque : est dense, de couleur rose ou ocre, veiné de jaune. Il est utilisé en ébénisterie, en placage pour la marqueterie ainsi qu'en tournage. Grâce à son fort pouvoir calorifique, il constitue un bon bois de chauffage **(Vennetier et Plazanet, 2022).**

Résine (mastic ou gomme mastic) : Le lentisque produit une résine jaune clair et aromatique qui durcit à l'air. La production moyenne est de 4 à 5 kg par arbuste. Cultivée à grande échelle à Chios (Grèce) dans les « mastichochoria », elle est connue sous le nom de « Mastic de Chio ». Autrefois utilisée dans les liqueurs, confitures et chewing-gums, elle sert aujourd'hui dans l'agroalimentaire, l'industrie photographique, les soins dentaires et, depuis l'Antiquité, pour traiter les affections pulmonaires **(Dris, 2020).**

Essence de mastic : Obtenue par distillation de la résine, elle entre dans la fabrication de parfums, de produits cosmétiques et pharmaceutiques, ainsi que dans des vernis de qualité pour la peinture à l'huile et dans l'industrie photographique **(Dris, 2020).**

Essence des feuilles et rameaux : L'huile essentielle extraite des feuilles et rameaux est utilisée en aromathérapie et phytothérapie pour ses propriétés décongestionnantes, notamment contre les troubles veineux comme les hémorroïdes **(Dris, 2020).**

Huile de lentisque : Extraite des fruits comestibles, cette huile servait autrefois pour l'alimentation, l'éclairage et la fabrication de savons. En Algérie, elle est produite dans l'Est (El Milia, Skikda) selon un procédé traditionnel : récolte manuelle des baies noires à maturité, macération dans l'eau chaude, pressage, puis décantation pour obtenir une huile jaune-vert **(Dris, 2020).**

I.1.4. Répartition géographique :

Pistacia lentiscus se rencontre principalement dans les écosystèmes dits « extrêmes » **(Harrat et *al*., 2018)** et se développe dans divers habitats le long d'un gradient climatique qui varie en fonction du rayonnement solaire, de la température et des précipitations **(Amara et *al*., 2019).**

I.1.4.1. Dans le monde :

L'aire de répartition de *Pistacia lentiscus* couvre l'ensemble du bassin méditerranéen, du Maroc et de la péninsule Ibérique à l'ouest jusqu'à l'Irak et l'Iran à l'est, en passant par les côtes méditerranéennes de la France, de l'Italie, de la Grèce et de la Turquie. Elle est également présente aux îles Canaries **(Bozorov et *al*., 2021).** Cette espèce pousse à l'état sauvage dans les maquis et les garrigues, sur tous types de sols **(Bereksi Reguig et *al*., 2021).**

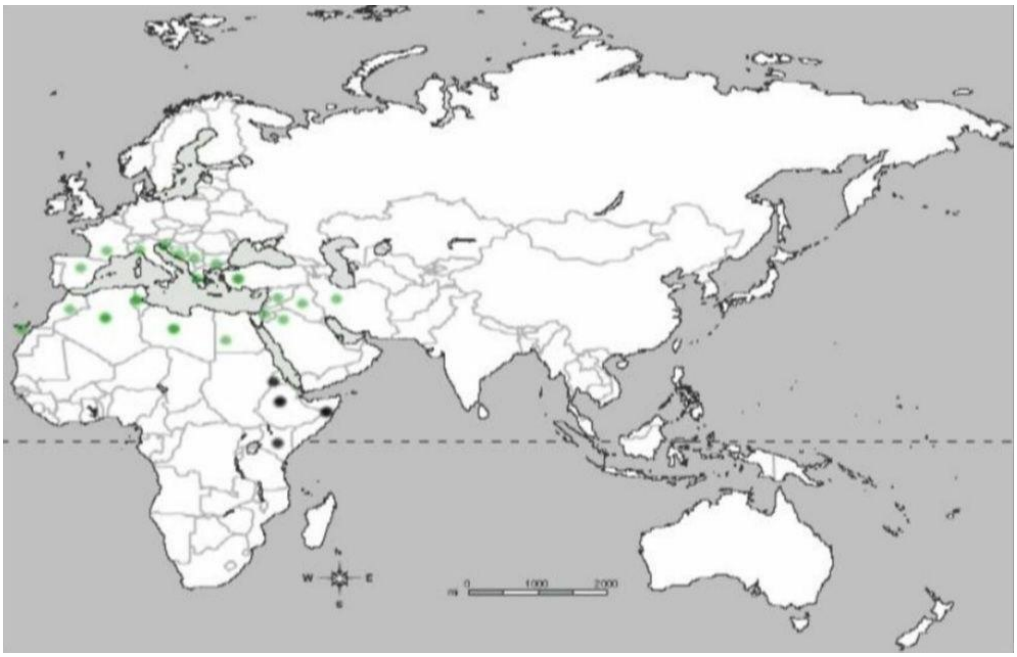


Figure I.6 : Aire de répartition du genre *Pistacia lentiscus* dans le monde **(Chaouati, 2025).**

I.1.4.2. En Algérie :

Le lentisque se rencontre le long du tell et dans les zones forestières **(Bereksi Reguig et *al*., 2021).** Il occupe l'étage thermo-méditerranéen, dont la limite méridionale se situe aux environs de Saïda **(Amara et *al*., 2019).** Sa présence au sud de l'Atlas saharien n'est pas signalée **(Dris, 2020).** Cette espèce est largement dispersée le long du littoral **(Amara et *al*., 2019).** On le retrouve sur tous types de sols, dans les zones subhumides et semi-arides, où il est fréquemment associé au pin d'Alep, au chêne vert et au chêne liège **(Rabie et *al*., 2019).**

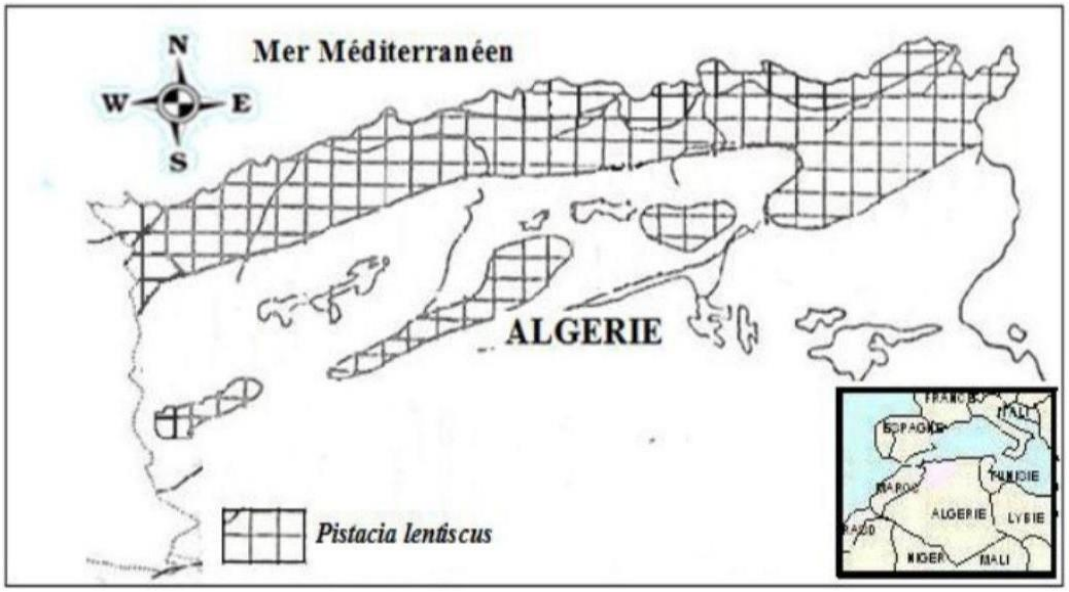


Figure I.7 : Aire de répartition du *Pistacia lentiscus* en Algérie **(Dris, 2020).**

I.1.5. Exigences écologiques :

Pistacia lentiscus est une espèce méditerranéenne caractérisée par une grande plasticité écologique, lui permettant de s'adapter à différents types de sols, y compris les sols pauvres et rocheux **(Vennetier et Plazanet, 2022).** Elle est largement répandue dans les régions méditerranéennes et se rencontre en Algérie principalement le long du littoral **(Zitouni et *al*., 2022).** Cette espèce xérophile et thermophile tolère bien la sécheresse et les températures élevées, ce qui favorise son développement dans des milieux arides et semi-arides **(Doghbage et *al*., 2023).** Son adaptation aux conditions environnementales défavorables repose sur plusieurs mécanismes morphologiques et physiologiques, notamment la régulation stomatique et la réduction de la surface foliaire, lui permettant de résister au stress hydrique **(Doghbage et *al*., 2020).** Elle est également adaptée aux environnements fortement exposés au rayonnement solaire et aux sols pauvres en nutriments **(Bereksi Reguig et *al*., 2021).**

I.1.6. Compositions chimiques :

Pistacia lentiscus présente une composition chimique riche et diversifiée comprenant 157 composés identifiés appartenant principalement aux terpènoïdes, aux composés phénoliques, aux flavonoïdes, aux tanins, aux stéroïdes et aux acides gras. Les terpènoïdes constituent la fraction majoritaire, suivis des composés phénoliques et des

flavonoïdes, tandis que les huiles essentielles et l'eau de mastic renferment également plusieurs composés volatils d'intérêt biologique **(Floris et *al*., 2024).**

I.1.6.1. Les polyphénols :

Les polyphénols représentent une classe importante de métabolites secondaires chez *Pistacia lentiscus*. Les feuilles sont particulièrement riches en acides phénoliques, notamment l'acide 5-O-galloylquinique, accompagné d'autres dérivés galloylés et de l'acide gallique **(Dragović et *al*., 2020).**

Les fruits contiennent également une grande diversité de composés phénoliques appartenant à différentes familles, telles que les anthocyanes, les flavanols, les flavonols, les flavanones et les acides phénoliques. La composition phénolique varie au cours de la maturation des fruits, et certains composés, tels que le picéide et l'acide protocatéchique, ont été identifiés pour la première fois chez cette espèce, confirmant son intérêt nutraceutique et alimentaire **(Aissat et *al*., 2022).**

I.1.6.2. Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes constituent l'un des groupes phénoliques les plus abondants chez *Pistacia lentiscus*, avec une prédominance des glycosides de flavonols dans les feuilles et les fruits. Parmi les principaux composés identifiés figurent plusieurs dérivés de la myricétine ainsi que le quercétine-3-glucoside **(Dragović et *al*., 2020).**

D'autres flavonoïdes ont également été rapportés, notamment les flavanols tels que la catéchine, l'épicatéchine et les procyanidines, ainsi que les flavones comme la lutéoline et l'apigénine. Des anthocyanes, dont la cyanidine-3-O-glucoside, la delphinidine-3-O-glucoside et la cyanidine-3-O-arabinoside, ont également été identifiées dans les feuilles et les fruits, la cyanidine-3-O-glucoside étant l'anthocyane majoritaire des baies **(Sehaki et *al*., 2023).**

I.1.7. Études antérieures :

Au cours des dernières années, *Pistacia lentiscus* a suscité un intérêt scientifique croissant en raison de sa richesse en métabolites secondaires et de ses nombreuses propriétés biologiques. Les études phytochimiques ont mis en évidence la présence de divers composés bioactifs appartenant principalement aux polyphénols, flavonoïdes, tanins et terpènes, répartis dans différentes parties de la plante **(Sehaki et *al*., 2023 ; Milia et *al*., 2021 ; Floris et *al*., 2024).**

Par ailleurs, plusieurs travaux ont rapporté des activités biologiques remarquables, notamment antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antidiabétiques et hépatoprotectrices, confirmant l'intérêt pharmacologique de cette espèce **(Yemmen et *al*., 2017 ; Milia et *al*., 2021 ; Zitouni et *al*., 2022).**

Les principaux constituants chimiques et les activités biologiques de *Pistacia lentiscus* rapportés dans les études antérieures sont présentés dans les tableaux suivants

Tableau I.2 : Principaux constituants chimiques de *Pistacia lentiscus* rapportés dans les études antérieures sont présentés.

Partie étudiée	**Constituants identifiés**	**Références**
Feuilles	Polyphénols, flavonoïdes, tanins hydrolysables, acides phénoliques	**(Sehaki et *al*., 2023 ; Milia et *al*., 2021).**
Feuilles	Acide gallique, acide caféique, quercétine, myricétine, lutéoline.	**(Sehaki et *al*., 2023 ; Floris et *al*., 2024).**
Feuilles	α-pinène, β-pinène, limonène, terpinen-4-ol, caryophyllène.	**(Bendada et *al*., 2024 ; Yemmen et *al*., 2017).**
Fruits	Anthocyanes, flavonoïdes et dérivés phénoliques	**(Sehaki et *al*., 2023 ; Floris et *al*., 2024).**
Fruits	Acide oléique, acide linoléique, acide palmitique	**(Chaabani et *al*., 2019 ; Djedaia, 2017).**
Résine	Triterpènes, composés terpéniques et substances bioactives	**(Milia et *al*., 2021 ; Sehaki et *al*., 2022).**

Huile essentielle	Monoterpènes et sesquiterpènes à activité biologique	**(Bendada et *al*., 2024 ; Chaabani et *al*., 2019).**
Extraits hydroalcooliques	Forte teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux	**(Floris et *al*., 2024 ; Zitouni et *al*., 2022).**

Les études phytochimiques réalisées sur *Pistacia lentiscus* ont révélé la présence d'une grande diversité de métabolites secondaires, notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins et les terpènes, largement reconnus pour leurs effets biologiques et pharmacologiques **(Sehaki et *al*., 2023 ; Floris et *al*., 2024 ; Milia et *al*., 2021).** La richesse de cette composition chimique est souvent associée aux nombreuses propriétés thérapeutiques rapportées pour cette espèce, telles que les activités antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire, antidiabétique et hépatoprotectrice **(Milia et *al*., 2021 ; Yemmen et *al*., 2017 ; Bendada et *al*., 2024).** Les principales activités biologiques décrites dans les études antérieures sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau I.3 : Principales activités biologiques de *Pistacia lentiscus* rapportées dans les études antérieures.

Activité biologique	**Partie utilisée / Extrait**	**Principaux résultats**	**Références**
Antioxydante	Feuilles, fruits, extraits phénoliques	Forte capacité de piégeage des radicaux libres	**(Yemmen et *al*., 2017 ; Milia et al., 2021).**
Antimicrobienne	Huile essentielle et extraits foliaires	Inhibition de plusieurs bactéries et champignons pathogènes	**(Milia et *al*., 2021 ; Zitouni et *al*., 2022 ; Bendada et *al*., 2024).**

Anti-inflammatoire	Huile de fruits et extraits phénoliques	Réduction des médiateurs de l'inflammation	**(Chaabani et *al*., 2019 ; Milia et *al*., 2021).**
Antidiabétique	Extraits de feuilles et fruits	Amélioration du métabolisme glucidique	**(Floris et *al*., 2024).**
Hépatoprotectrice	Extraits éthanoliques	Protection contre les lésions hépatiques expérimentales	**(Milia et *al*., 2021).**
Antiproliférative	Extraits de feuilles et fruits	Activité contre certaines lignées cellulaires tumorales	**(Yemmen et *al*., 2017).**
Cicatrisante	Résine, huile et extraits de fruits	Accélération du processus de Cicatrisation	**(Djedaia, 2017 ; Boudieb et *al*., 2019).**
Usage ethnopharmacologique	Feuilles, fruits, résine	Traitement traditionnel des infections, inflammations et troubles digestifs	**(Djedaia, 2017 ; Milia et *al*., 2021).**
Valorisation thérapeutique	Différents extraits	Potentiel pour le développement d'agents naturels bioactifs	**(Sehaki et *al*., 2023 ; Floris et *al*., 2024 ; Bendada et *al*., 2024).**

I.1.8. Usage thérapeutique :

Pistacia lentiscus est une espèce médicinale largement utilisée dans les régions méditerranéennes depuis l'Antiquité. Grâce à sa richesse en composés bioactifs, les différentes parties de la plante sont employées dans la médecine traditionnelle et font

aujourd'hui l'objet de nombreuses études pharmacologiques qui confirment plusieurs de ses propriétés thérapeutiques **(Zitouni et *al*., 2022).**

I.1.8.1. Usage traditionnel :

En médecine traditionnelle, les feuilles de *Pistacia lentiscus* sont utilisées contre les douleurs dentaires, les troubles respiratoires, les douleurs abdominales et le diabète **(Sehaki, 2022 ; Bouyahya et *al*., 2021).** Les fruits et leur huile sont employés pour traiter les affections gastriques, les troubles cutanés, les plaies, les brûlures et les rhumatismes **(Djedaia, 2017 ; Chaabani et *al*., 2019).** La résine (mastic) est utilisée pour soulager les troubles digestifs, les infections bactériennes et certaines affections respiratoires **(Doghbage et *al*., 2020).** Plus généralement, l'espèce est utilisée contre diverses maladies telles que l'hypertension, le diabète, l'asthme et les troubles gastro-intestinaux **(Zitouni et *al*., 2022).**

I.1.8.2. Usage moderne :

Les études pharmacologiques ont montré que *Pistacia lentiscus* possède d'importantes activités biologiques. Les feuilles présentent des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et hépatoprotectrices **(Zitouni et *al*., 2022**). Les fruits et leur huile exercent des activités antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes **(Chaabani et *al*., 2019 ; Hamdi et *al*., 2023).** La résine possède des propriétés analgésiques, antioxydantes et antibactériennes, tandis que l'huile essentielle est reconnue pour ses activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes et ses effets bénéfiques sur les troubles circulatoires **(Arabi, 2018 ; Dris, 2020).**

I.1.9. Principaux métabolites secondaires isolés de l'espèce :

Pistacia lentiscus est une espèce riche en métabolites secondaires présentant une grande diversité chimique. Les études phytochimiques ont permis d'identifier de nombreux composés appartenant à différentes classes, notamment les terpènoïdes, les composés phénoliques, les acides gras et les stéroïdes. Ces métabolites sont répartis dans plusieurs organes de la plante, tels que les feuilles, les fruits, la résine, l'écorce, les tiges et les racines. Leur identification repose principalement sur des techniques chromatographiques modernes, notamment la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), qui ont permis de caractériser la composition chimique de cette espèce **(Floris et *al*., 2024).**

Les feuilles de *Pistacia lentiscus* sont particulièrement riches en flavonoïdes, notamment en glycosides de flavonols qui constituent la classe la plus abondante. Parmi les principaux composés identifiés figurent le Bmyricétine-3-O-rhamnoside, le myricétine-3-O-glucoside, le myricétine-3-O-glucuronide et le quercétine-3-O-rhamnoside. Les dérivés de la myricétine représentent environ 20 % des polyphénols totaux des feuilles. Le quercétine-3-glucoside est également considéré comme l'un des flavonols majoritaires. Plusieurs flavanols ont été mis en évidence, notamment la catéchine, l'épicatéchine, l'épigallocatéchine gallate et l'épicatéchine gallate, la catéchine étant le composé le plus représentatif. Les feuilles renferment également des flavones telles que la lutéoline et l'apigénine, avec une prédominance de la lutéoline. Enfin, des anthocyanes, notamment la delphinidine-3-O-glucoside et la cyanidine-3-O-glucoside, ont également été détectées dans les feuilles de *Pistacia lentiscus* **(Sehaki et *al*., 2023).**

Les fruits de *Pistacia lentiscus* contiennent des flavonols qui constituent la classe de composés phénoliques la plus abondante. Les principaux composés identifiés sont le myricétine-3-O-rhamnoside, le myricétine-3-O-glucoside, le myricétine-3-O-glucuronide et le quercétine-3-O-rhamnoside. Le quercétine-3-glucoside est également considéré comme l'un des flavonols majoritaires. Les fruits renferment aussi plusieurs flavanols, notamment la procyanidine B1, la procyanidine B2, la catéchine, l'épicatéchine, l'épigallocatéchine gallate et l'épicatéchine gallate, la procyanidine B1 étant le composé le plus abondant. Parmi les flavones identifiées figurent la lutéoline et l'apigénine. Des anthocyanes telles que la cyanidine-3-O-glucoside, la delphinidine-3-O-glucoside et la cyanidine-3-O-arabinoside ont également été détectées dans les baies. Par ailleurs, trente composés phénoliques ont été identifiés dans les fruits, répartis en neuf anthocyanes, sept flavanols, sept flavonols, deux acides phénoliques, un stilbène, deux flavanones, un flavanonol et une dihydrochalcone. La présence du picéide et de l'acide protocatéchique a également été rapportée, tandis que les flavonols prédominent dans les fruits immatures et les anthocyanes dans les fruits mûrs **(Sehaki et *al*., 2023 ; Aissat et *al*., 2022).**

La résine de *Pistacia lentiscus* est une source importante de métabolites secondaires, principalement représentés par les composés volatils, les triterpènes et les composés phénoliques. Parmi les composés volatils les plus abondants figurent l'α-pinène et le β-myrcène, considérés comme les principaux constituants de la gomme et de l'huile de mastic. D'autres composés, tels que le β-pinène, le farnésol et le 3-pentadécylphénol, ont également été identifiés.

Les triterpènes constituent la classe majoritaire de la résine, représentant environ 65 à 70 % de son poids total. Les principaux composés identifiés sont l'acide masticadiénonique, l'acide isomasticadiénonique, l'acide masticadiénolique, l'acide isomasticadiénolique, l'acide moronique et l'acide oléanonique. La résine renferme également d'autres triterpènes tels que le tirucallol et la dammaradiénone.

Par ailleurs, plusieurs composés phénoliques ont été mis en évidence dans la résine, notamment le tyrosol, les acides p-hydroxybenzoïque, vanillique, rosmarinique, salicylique et caféique. La présence de ces différents métabolites secondaires confère à la résine de *Pistacia lentiscus* un intérêt particulier pour ses propriétés biologiques et ses applications potentielles dans les domaines pharmaceutique et industriel **(Anwar et *al*., 2026).**

Les tiges, l'écorce et les racines de *Pistacia lentiscus* contiennent également divers métabolites secondaires. Les extraits méthanoliques des tiges et des racines contiennent principalement des composés phénoliques, avec une prédominance de l'acide 3,5-O-digalloylquinique. Toutefois, leur teneur en polyphénols reste inférieure à celle observée dans les feuilles. Par ailleurs, plusieurs flavonols ont été identifiés dans l'écorce, notamment la quercétine, la quercétine-3-O-β-glucoside, le kaempférol, le kaempférol-3-O-α-rhamnoside et le kaempférol-3-O-β-glucoside. Ces résultats montrent que les tiges, les racines et l'écorce renferment divers composés phénoliques et flavonoïques participant à la composition phytochimique de *Pistacia lentiscus* **(Anwar et *al*., 2026).**

I.2. *Pistacia atlantica* :

I.2.1. Présentation de l'espèce *Pistacia atlantica* :

Pistacia atlantica Desf., appelée pistachier de l'Atlas ou bétoum, est une espèce arborée de la famille des *Anacardiaceae* **(Labdelli et *al*., 2021 ; Amara et *al*., 2017 ; Bakka et *al*., 2022).** Elle constitue une espèce sauvage majeure du genre *Pistacia* et est largement distribuée dans les régions arides et semi-arides du bassin méditerranéen, d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient, d'Iran et d'Afghanistan **(Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Labdelli et *al*., 2019).** Adaptée aux conditions climatiques sévères, cette plante xérophyte présente une forte résistance à la sécheresse. En Algérie, elle se distingue par son port hémisphérique, son tronc robuste et son feuillage dense, tout en jouant un rôle essentiel dans la stabilisation des sols et le maintien des écosystèmes grâce à sa grande longévité **(El Zerey-Belaskri et *al*., 2018 ; Ben Ahmed et *al*., 2021).**

1.2.2. Classification taxonomique :

La classification taxonomique de *Pistacia atlantica* Desf. est présentée dans le tableau I.4.

Tableau I.4 : Taxonomie de *Pistacia atlantica* Desf. **(Benguechoua, 2021).**

Règne	Plantae
Embranchement	Magnoliopsida
Super-division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	*Sapindales*
Famille	*Anacardiaceae*
Genre	*Pistacia*
Espèce	*Pistacia atlantica* Desf.

I.2.2. Description botanique et produits dérivés :

I.2.2.1. Description botanique :

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) est une espèce ligneuse spontanée de grande taille. Son houppier peut atteindre 25 m de diamètre avec une superficie de couronne d'environ 150 m². Son tronc est bien individualisé, à bois dur, pouvant atteindre 4,5 à 5 m de circonférence **(Mechiah, 2023).**

L'arbre se caractérise par une frondaison dense et une cime étalée de forme hémisphérique **(Benguechoua, 2021 ; Guelmani, 2023).** Il peut atteindre 15 à 25 m de hauteur et se distingue par une grande longévité **(Labdelli et *al*., 2021).** Il est dioïque et à feuilles caduques. Le bétoum se distingue également par la production de résine, dont l'abondance augmente avec l'élévation de la température de l'environnement **(Guenane, 2017).**



Figure I.8 : Arbre du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) **(Guenane, 2017).**

L'écorce : est initialement lisse, puis devient squameuse avec l'âge. Elle présente d'abord une coloration rouge, évoluant vers un grisâtre clair, avant d'acquérir un aspect dur, crevassé et noirâtre **(Mechiah, 2023).**

Le port : est généralement marqué par une cime hémisphérique, surbaissée chez les vieux sujets et arrondie à ramification étalée chez les jeunes individus **(Mechiah, 2023).**

Les feuilles de *Pistacia atlantica* sont alternes, composées et imparipennées, constituées de folioles oblongues à lancéolées, glabres et caduques, présentant des adaptations anatomiques et physiologiques aux conditions arides **(Guelmani, 2023 ; Benguechoua, 2021 ; Limane, 2018 ; Mechiah, 2023).**

Les fleurs sont unisexuées, petites et regroupées en panicules, avec une floraison printanière, une pollinisation principalement anémophile et une reproduction pouvant conduire à des fruits parthénocarpiques **(Mechiah, 2023 ; Guelmani, 2023 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Ifticene-Habani et Abdoun, 2018).**

Le fruit est une drupe monosperme ovoïde à subglobuleuse, comestible, à mésocarpe résineux, dont la maturation s'accompagne d'un changement de coloration et d'une valeur nutritionnelle élevée **(Mechiah, 2023 ; Guelmani, 2023 ; El Zerey-Belaskri et al., 2018).**



Figure I.9 : Feuilles de *Pistacia atlantica* **(Guenane, 2017).**



Figure I.10 : Fruits rouges de *Pistacia atlantica* **(Bereksi Reguig et *al*., 2021).**



Figure I.11 : Fruits noirs de *Pistacia atlantica* **(Labdelli et *al*., 2020).**

Système racinaire :

Le pistachier de l'Atlas possède un système racinaire fortement adapté aux conditions arides, caractérisé par une architecture hiérarchisée dominée par un pivot profond et des racines latérales fines et obliques **(Figure I.12).** Avec l'âge, le pivot peut se lignifier ou régresser, favorisant le développement des racines secondaires et conduisant à un système plutôt superficiel ou latéralisé, optimisant l'accès à l'eau disponible **(Figure I.13).** Ce système peut atteindre une extension annuelle importante et une profondeur de 5 à 6 m, lui permettant d'exploiter les horizons profonds du sol et de maintenir son équilibre hydrique en milieu sec **(Mechiah, 2023).** Cette organisation racinaire constitue un facteur clé de la plasticité écologique de l'espèce et de sa capacité d'adaptation à divers types de sols **(Labdelli et *al*., 2021).**

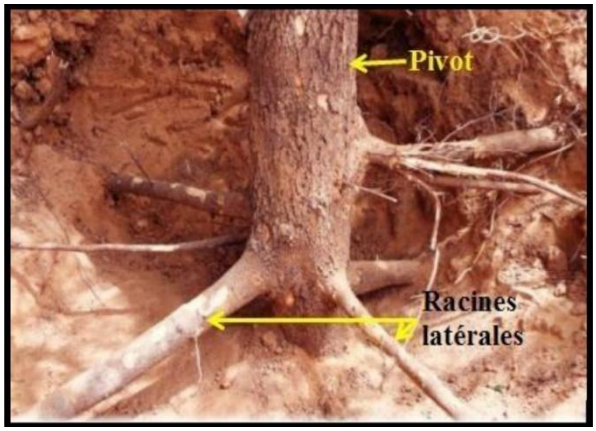


Figure I.12 : Système racinaire au stade jeune extension latérale de *Pistacia atlantica* Desf. **(Mechiah, 2023)**.



Figure I.13 : Système racinaire à latérale au stade adulte de *Pistacia atlantica* **(Mechiah, 2023).**

I.2.2.2. Produits dérivés :

Gomme naturelle (mastic-like gum) :

La gomme naturelle de *Pistacia atlantica* est une exsudation obtenue à partir des troncs et des branches après incision de l'écorce. Elle est utilisée traditionnellement comme agent aromatique et à usage médicinal **(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022).**

Oléorésine (résine brute) :

L'oléorésine de *Pistacia atlantica* est une résine brute exsudée naturellement ou après blessure de l'arbre, et elle est employée dans les usages traditionnels **(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022).**

Huile essentielle (feuilles, fleurs, fruits) :

Les huiles essentielles de *Pistacia atlantica* sont extraites à partir des feuilles, des fleurs et des fruits, et sont utilisées pour leurs propriétés biologiques, notamment antioxydantes et antimicrobiennes **(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022).**

Huile fixe (graines/fruits) :

L'huile fixe de *Pistacia atlantica* est obtenue à partir des graines et des fruits, et elle est utilisée principalement pour ses propriétés nutritionnelles et cosmétiques **(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022).**

I.2.3. Répartition géographique :

I.2.3.1. Dans le monde :

Le pistachier sauvage est considéré comme une espèce irano-touranienne à large répartition géographique. Il est présent dans la région méditerranéenne depuis les phases climatiques sèches et froides du Miocène **(Ben Ahmed et *al*., 2021).** En Afrique du Nord, le pistachier de l'Atlas est généralement considéré comme une espèce endémique **(Hadjadj, Guerine, et Naimi, 2021).** Elle tolère plusieurs types de sols, y compris les sols alcalins. Elle peut prospérer avec des précipitations d'environ 150 mm, voire moins. *Pistacia atlantica* Desf se régénère et se développe dans les endroits les plus arides où peu d'espèces d'arbres peuvent survivre. Sa croissance est très lente **(Bir, 2019).** Il occupe une aire très vaste englobant le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, la Syrie, la Jordanie, Palestine, l'Iran et l'Afghanistan **(Benguechoua, 2021).**

£

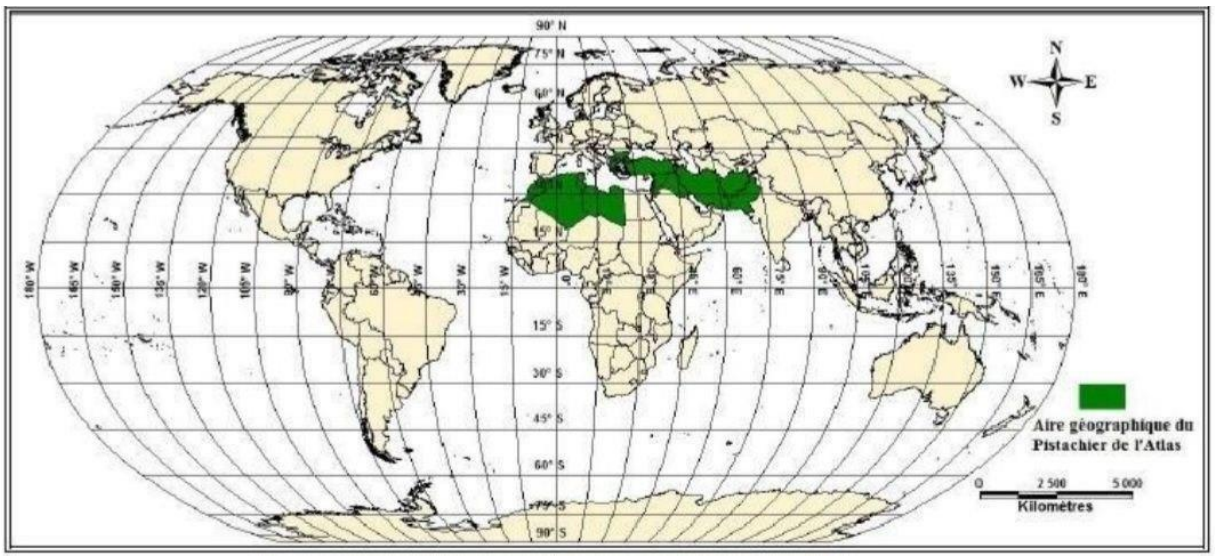


Figure I.14 : Aire de distribution naturelle de *Pistacia atlantica* dans le Monde **(Guelmani, 2023).**

I.2.3.2. En Algérie :

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) est présent dans les régions arides et semi-arides, notamment les Hautes Plaines, où il se développe dans les lits d'oueds et les dayas. Grâce à sa rusticité et à sa résistance à la sécheresse, il est utilisé dans les programmes de reboisement pour la protection des steppes pastorales **(Benguechoua, 2021).** L'espèce s'étend du nord du pays jusqu'aux régions sahariennes en passant par les zones steppiques, avec une limite extrême localisée au Hoggar où elle subsiste à l'état de relique **(Hadjadj, Guerine, et Naimi, 2021).** *Pistacia atlantica* est souvent associée à Ziziphus lotus, qui

assure une protection naturelle des jeunes plants contre les animaux et les vents forts **(Ben Ahmed et *al*., 2021).**

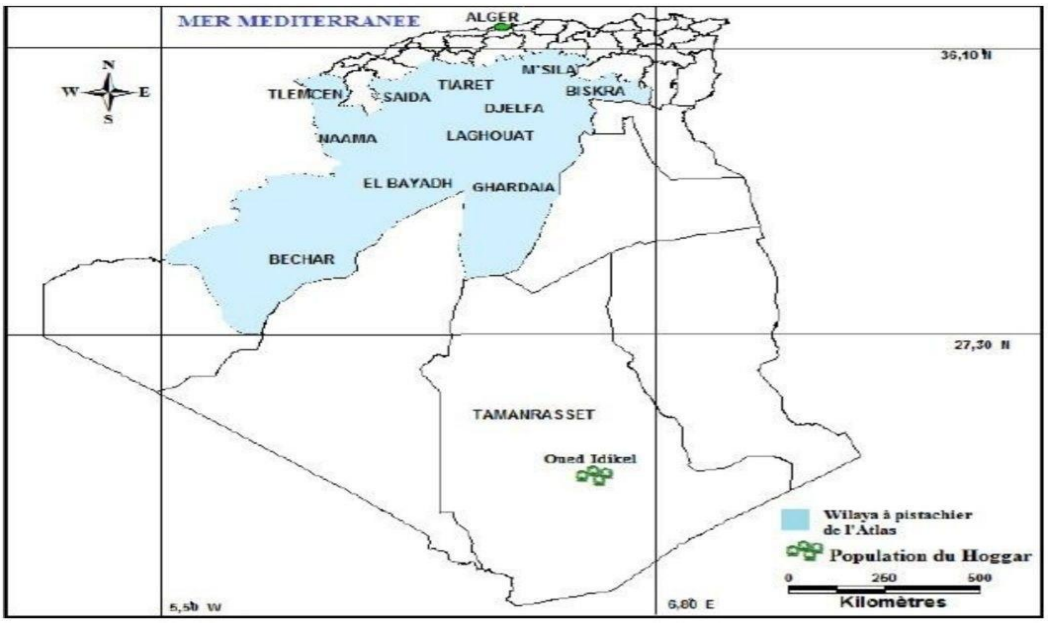


Figure I.15 : Distribution géographique des peuplements de *Pistacia atlantica* en Algérie **(Guelmani, 2023).**

I.2.4. Exigences écologiques :

Pistacia atlantica est une espèce xérophyte et thermophile adaptée aux milieux arides et semi-arides du bassin méditerranéen. Elle tolère de faibles précipitations (≈150 mm/an) et des conditions climatiques extrêmes **(Ben Ahmed et *al*., 2021**). Elle présente une grande plasticité écologique lui permettant de s'adapter à divers types de sols, notamment pauvres et calcaires **(Labdelli et *al*., 2021).** Son système racinaire profond favorise l'accès à l'eau en profondeur et améliore sa résistance à la sécheresse **(Mechiah, 2023).** En Algérie, elle joue un rôle important dans la stabilisation des sols et la protection des écosystèmes steppiques **(Benguechoua, 2021).**

I.2.5. Composition chimique :

Pistacia atlantica présente une composition chimique riche et diversifiée, caractérisée par la présence de nombreux métabolites secondaires biologiquement actifs. Les études phytochimiques réalisées sur les différentes parties de la plante (feuilles, fruits, résine, bourgeons, écorce et racines) ont permis d'identifier plusieurs classes de composés, notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les terpènes, les anthocyanes et les acides gras. La nature et la concentration de ces composés varient selon l'organe étudié, le

stade de développement et les conditions écologiques de croissance **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Pekacar et Orhan, 2022; Benmahieddine et *al*., 2023).**

I.2.5.1. Les polyphénols :

Les polyphénols constituent l'un des groupes les plus abondants chez *Pistacia atlantica*. Les feuilles renferment d'importantes quantités d'acides phénoliques, parmi lesquels l'acide gallique, le méthyl gallate, l'acide protocatéchique, l'acide caféique et l'acide chlorogénique. D'autres composés phénoliques ont également été identifiés dans les fruits, les bourgeons et les écorces, contribuant fortement au potentiel antioxydant de l'espèce **(Pekacar et Orhan, 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023 ; Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023).**

Les fruits de *Pistacia atlantica* contiennent également divers composés phénoliques, notamment l'acide gallique, l'acide protocatéchique et plusieurs dérivés phénoliques associés à une forte activité biologique. La teneur en polyphénols varie selon le degré de maturation des fruits et les conditions environnementales **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023).**

I.2.6.2 Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes représentent une fraction importante des composés phénoliques de *Pistacia atlantica*. Parmi les principaux flavonoïdes identifiés figurent la quercétine, la rutine, la myricétine, le kaempférol, la catéchine ainsi que plusieurs dérivés glycosylés. Ces composés sont particulièrement abondants dans les feuilles et les bourgeons foliaires **(Pekacar et Orhan, 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023).**

Les fruits contiennent également différents flavonoïdes ainsi que des anthocyanes responsables de leur coloration lors de la maturation. Plusieurs études ont signalé la présence de dérivés flavonoïques présentant des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes remarquables **(Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023 ; Mahjoub et *al*., 2018).**

I.2.7.Études antérieures :

Plusieurs études phytochimiques réalisées sur *Pistacia atlantica* ont mis en évidence une grande diversité de métabolites secondaires présents dans les différentes parties de la plante. Les analyses ont révélé la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes, de tanins, d'acides phénoliques ainsi que de terpènes, dont la nature et la concentration varient selon l'organe étudié et le type d'extrait utilisé. Ces constituants sont considérés comme les

principaux responsables des propriétés biologiques attribuées à cette espèce **(Pekacar et Orhan, 2022 ; El Zerey-Belaskri et *al*., 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023).**

Tableau I.5 : Principaux constituants chimiques de *Pistacia atlantica* rapportés dans les études antérieures.

Partie étudiée	**Constituants identifiés**	**Références**
Feuilles	Polyphénols, flavonoïdes, tanins, acides phénoliques	**(Pekacar et Orhan, 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023)**
Feuilles	Acide gallique, méthyl gallate, rutine, quercétine	**(Pekacar et Orhan, 2022 ; Belyagoubi-Benhammou et *al.*, 2023)**
Feuilles	α-pinène, β-pinène, limonène et autres terpènes	**(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022 ; Frontiers, 2022)**
Fruits	Flavonoïdes, composés phénoliques et anthocyanes	**(Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023)**
Fruits	Acide oléique, acide linoléique, acide palmitique	**(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022 ; Frontiers, 2022)**
Résine	Monoterpènes, sesquiterpènes et composés terpéniques bioactifs	**(El Zerey-Belaskri et *al*., 2022)**
Bourgeons foliaires	Polyphénols totaux, flavonoïdes et composés antioxydant	**(Benmahieddine et *al*., 2023)**

Extraits hydroalcooliques	Forte teneur en composés phénoliques et flavonoïdes totaux	**(Benmahieddine et *al*., 2023 ; Pekacar et Orhan, 2022)**

Les différents composés identifiés dans les feuilles, les fruits et la résine de *Pistacia atlantica,* notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les acides phénoliques et les terpènes, sont reconnus pour leurs nombreuses propriétés biologiques. Plusieurs études ont montré que ces métabolites secondaires contribuent aux activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires de cette espèce **(Pekacar et Orhan, 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023 ; Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023**). Les principales activités biologiques rapportées dans les études antérieures sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau I.6 : Principales activités biologiques de *Pistacia atlantica*.

Activité biologique	Partie utilisée / Extrait	Principaux résultats	Références
Antioxydante	Feuilles, fruits, extraits phénoliques	Forte capacité de piégeage des radicaux libres	**(Pekacar et Orhan, 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023)**
Antimicrobienne	Extraits foliaires et huiles essentielles	Inhibition de plusieurs bactéries et champignons pathogènes	**(Benmahieddine et *al*., 2023 ; Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023)**
Anti-inflammatoire	Extraits hydroalcooliques	Réduction des médiateurs de l'inflammation	**(Benmahieddine et *al*., 2023)**
Anti-tyrosinase	Bourgeons foliaires	Inhibition significative de l'activité tyrosinase	**(Benmahieddine et *al*., 2023)**

Anti-uréase	Bourgeons foliaires	Activité inhibitrice importante contre l'uréase	**(Benmahieddine et *al*., 2023)**
Inhibition de l'α-amylase	Extraits végétaux	Potentiel dans la régulation de la dégradation des glucides	**(Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023)**
Valorisation thérapeutique	Différents extraits	Source prometteuse de molécules naturelles bioactives	**(Pekacar et Orhan, 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023)**

I.2.8.Usage thérapeutique :

L'utilisation thérapeutique de *Pistacia atlantica* suscite un intérêt croissant en raison de sa richesse en composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les terpènes. Employée depuis longtemps en médecine traditionnelle, cette espèce fait aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches mettant en évidence son potentiel pharmacologique et ses diverses applications thérapeutiques **(Mahjoub et *al*., 2018 ; El Zerey-Belaskri et *al*., 2022).**

I.2.8.1.Usage traditionnel :

En médecine traditionnelle, les feuilles, les fruits, la résine et l'huile de *Pistacia atlantica* sont largement utilisés pour le traitement de nombreuses affections, notamment les troubles digestifs, les maladies rénales, les infections respiratoires, les plaies, les brûlures et les douleurs rhumatismales. La résine est également reconnue pour ses propriétés antiseptiques et cicatrisantes, tandis que l'huile des fruits est appliquée localement pour soulager diverses affections cutanées et favoriser la cicatrisation. Ces usages populaires sont rapportés dans plusieurs pays d'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Bakka, 2024).**

I.2.8.2.Usage moderne :

Les recherches pharmacologiques récentes ont démontré que les extraits de *Pistacia atlantica* possèdent d'importantes activités antioxydantes, anti-inflammatoires, antibactériennes, antifongiques et antidiabétiques. Plusieurs études ont également montré leur capacité à inhiber certaines enzymes impliquées dans les troubles métaboliques et à favoriser la cicatrisation cutanée. Grâce à ces propriétés biologiques, *Pistacia atlantica* est

aujourd'hui considérée comme une source prometteuse de molécules naturelles pouvant être valorisées dans les industries pharmaceutique, dermatologique et cosmétique **(Pekacar et Orhan, 2022 ; El Zerey-Belaskri et *al*., 2022 ; Benmahieddine et *al*., 2023).**

I.2.9. Principaux métabolites secondaires isolés de l'espèce :

Les feuilles *de Pistacia atlantica* sont riches en composés phénoliques tels que l'acide gallique, le méthyl gallate, l'acide protocatéchique, l'acide caféique et l'acide chlorogénique. Elles contiennent également plusieurs flavonoïdes, notamment la quercétine, la myricétine, la rutine, le kaempférol, la catéchine ainsi que différents dérivés glycosylés et flavan-3-ols. Les huiles essentielles foliaires renferment principalement l'α-pinène, le β-pinène, le limonène, le myrcène et le terpinen-4-ol. **(Pekacar et Orhan, 2022 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Mahjoub et *al*., 2018 ; Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023 ; Zerkani et *al*., 2022).**

Les fruits contiennent divers composés phénoliques tels que l'acide gallique, l'acide protocatéchique et la catéchine, ainsi que des flavonoïdes comme la quercétine, la rutine et plusieurs dérivés flavonoïques. Ils renferment également des anthocyanes et des acides gras majeurs, notamment l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide palmitique **(Belyagoubi-Benhammou et *al*., 2023 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Pekacar et Orhan, 2022 ; El Zerey-Belaskri et *al*., 2022 ; Mahjoub et *al*., 2018).**

Les bourgeons foliaires renferment principalement la rutine, l'acide diméthylallyl caféique, ainsi que plusieurs flavonoïdes rares tels que le 3',5,7-trihydroxy-4'-méthoxyflavanone et le 5,6,7,4'-tétrahydroxyflavonol-3-O-rutinoside. Des dérivés coumariniques comme la 7-éthoxycoumarine et la 7-hydroxy-5-méthoxycoumarine ont également été identifiés. **(Benmahieddine et *al*., 2023 ; Toul et *al*., 2021 ; Ben Ahmed et *al*., 2021).**

La résine est dominée par des terpènes, notamment l'α-pinène, le β-pinène, le limonène, le sabinène, le myrcène et le terpinen-4-ol. Elle contient aussi des triterpènes pentacycliques, dont des dérivés masticadiénoniques, isomasticadiénoniques et tirucallaniques. **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Zerkani et *al*., 2022).**

L'écorce et les racines contiennent principalement l'acide gallique, différents composés phénoliques simples, des tanins condensés et hydrolysables, des flavonoïdes ainsi que divers terpènes et composés aromatiques secondaires. **(Mahjoub et *al*., 2018 ; Ben Ahmed et *al*., 2021 ; Zerkani et *al*., 2022).**

Chapitre II :

Les maladies phytopathogènes

I. Généralités sur les maladies phytopathogènes :

Les maladies phytopathogènes désignent l'ensemble des maladies des plantes causées par des organismes pathogènes tels que les champignons, les bactéries, et les virus (**Peng et *al*., 2024).**

Ces agents infectent différents organes de la plante (racines, tiges, feuilles ou fruits) et perturbent leur fonctionnement normal **(Riseh et *al*., 2024).** En pénétrant dans les tissus, ils s'y multiplient et provoquent la dégradation ainsi que la destruction progressive des cellules **(Nazarov et *al*., 2020).** Elles se manifestent par divers symptômes tels que le jaunissement, le flétrissement, les taches, la pourriture ou encore la réduction de la croissance **(Riseh et *al*., 2024)** et peuvent même entraîner la mort dans les cas les plus graves selon l'agent pathogène **(Gai et Wang, 2024).**

Les maladies phytopathogènes affectent la qualité ainsi que la sécurité de la production agricole **(Riseh et *al*., 2024).**

Elles représentent un problème majeur pour la sécurité alimentaire mondiale, notamment dans un contexte de changement climatique et de croissance démographique. Elles entraînent des pertes significatives de rendement agricole, estimées en moyenne à 15 % pour les bactéries et les champignons phytopathogènes **(Peng et *al*., 2024).**

I.1. Les champignons phytopathogènes :

I.1.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes :

Depuis l'Antiquité, plusieurs maladies des plantes comme les rouilles, les brûlures et les taches foliaires ont été observées. Ce n'est qu'au XIXe siècle, avec la théorie microbienne, que les agents responsables ont été identifiés. Par la suite, plusieurs champignons ont été reconnus comme responsables de nombreuses maladies végétales. Ils entraînent des pertes économiques importantes et peuvent affecter la sécurité alimentaire ainsi que les écosystèmes. Ces impacts se sont accentués avec la mondialisation et l'augmentation des échanges commerciaux **(John et *al*., 2021).**

Les champignons phytopathogènes utilisent différentes stratégies d'interaction avec la plante hôte. Ils sont généralement classés en trois groupes principaux : les biotrophes, les nécrotrophes et les hémibiotrophes. Cette classification est basée sur leur mode de développement pendant l'infection et montre la diversité de leurs mécanismes de colonisation des tissus végétaux **(Rajarammohan, 2021 ; Newman et Derbyshire, 2020).**

Ces agents pathogènes sont responsables de nombreuses maladies des plantes et causent souvent d'importantes pertes agricoles. Leur pouvoir pathogène est lié à la production d'enzymes, de métabolites secondaires et de mycotoxines, qui aident le champignon à infecter les tissus végétaux **(Salvatore et Andolfi, 2021).**

Lors de l'interaction entre le champignon et la plante, chaque organisme développe des mécanismes de défense pour assurer sa survie. Le champignon cherche à coloniser les tissus végétaux, tandis que la plante active ses systèmes de défense afin de limiter l'infection. Certains gènes du pathogène sont activés pour contourner les défenses de la plante, notamment en neutralisant certaines substances antimicrobiennes. D'autres gènes sont réduits afin d'éviter la détection par la plante. Cette interaction montre une adaptation progressive entre les plantes et leurs agents pathogènes **(Tan et Oliver, 2017).**

Les champignons phytopathogènes peuvent établir plusieurs types de relations avec les plantes, allant du mode saprophyte au mode endophyte ou pathogène. L'infection commence généralement par l'adhésion du champignon à la surface de la plante, suivie de la pénétration des tissus végétaux. Pour faciliter cette étape, certains développent des structures spécialisées, comme les appressoria et les hyphopodia, qui assurent la fixation et l'entrée dans les tissus **(Chethana et *al*., 2021).**

Dans ce contexte, l'agriculture moderne permet d'augmenter les rendements agricoles, mais elle rend aussi les cultures plus sensibles aux maladies. Cette situation est liée à la faible diversité génétique des variétés cultivées et à l'apparition de souches résistantes aux traitements chimiques. Il devient donc nécessaire de développer des méthodes de protection plus efficaces et plus durables afin de réduire les pertes agricoles **(John et *al*., 2021).**

Plusieurs espèces de champignons pathogènes ont été identifiées dans différentes études, notamment des espèces du genre Aspergillus, ainsi que Botrytis cinerea, Fusarium ananatum, Talaromyces stollii et Neofusicoccum parvum. Ces espèces sont souvent associées aux maladies des plantes et à la production de mycotoxines **(Salvatore et Andolfi, 2021).**

II.1.2. Le genre *fusarium* :

Le genre *Fusarium* regroupe des champignons filamenteux ascomycètes ubiquistes appartenant à la famille des Nectriaceae (ordre des Hypocreales) **(Jackson et *al*., 2024).** Ce genre Fusarium a été décrit pour la première fois par Link en 1809 **(Nebbache, 2020).** Il comprend des espèces saprophytes présentes dans le sol et sur les résidus végétaux, ainsi que

de nombreuses espèces pathogènes responsables de maladies des plantes et productrices de mycotoxines dangereuses pour l'homme et les animaux **(Stępień, 2023).**

Fusarium constitue un groupe majeur de champignons largement répandus dans l'environnement, incluant certains des pathogènes végétaux les plus importants ainsi que des producteurs de toxines (fumonisines, trichothécènes, zéaralénone) qui contaminent les cultures et affectent la santé agronomique mondiale **(Stępień, 2023).**

II.1.3. Le genre *Aspergillus* :

Le genre *Aspergillus* regroupe des champignons microscopiques filamenteux largement présents dans l'environnement. Ils sont ubiquistes et se retrouvent dans le sol, l'air, les plantes, les aliments ainsi que dans les matières organiques en décomposition. Leur dispersion est assurée par la production de spores appelées conidies, légères et facilement transportées par le vent sur de longues distances **(Zakaria, 2024).**

Ce genre comprend environ 300 à 400 espèces. Ce nombre évolue constamment en raison de la découverte régulière de nouvelles espèces et des progrès des méthodes d'identification **(Nji et *al*., 2023).**

Dans l'environnement, les espèces du genre *Aspergillus* présentent différents modes de vie. Elles peuvent être saprophytes et se nourrir de matière organique en décomposition. Certaines vivent également comme endophytes à l'intérieur des tissus végétaux sans provoquer de symptômes visibles. D'autres adoptent un comportement phytopathogène opportuniste et peuvent provoquer des maladies chez les plantes affaiblies **(Nji et *al*., 2023).**

Concernant les interactions avec les plantes, les espèces d'*Aspergillus* peuvent modifier leur comportement selon les conditions environnementales. Une même espèce peut passer d'un mode de vie à un autre en fonction du stress, de la disponibilité des nutriments ou des conditions du milieu. Cette adaptation est liée à la régulation de l'expression des gènes et à la production de métabolites secondaires impliqués dans l'interaction avec la plante hôte **(Pfliegler et *al*., 2020).**

Sur le plan écologique, les espèces du genre *Aspergillus* colonisent différents substrats lorsque les conditions de température et d'humidité sont favorables. Elles participent à la décomposition de la matière organique et jouent un rôle important dans le recyclage des nutriments au sein des écosystèmes **(Zakaria, 2024).**

Du point de vue agricole, certaines espèces du genre *Aspergillus* produisent des mycotoxines capables de contaminer les cultures agricoles. Cette contamination peut réduire la qualité des récoltes, affecter la sécurité alimentaire et entraîner d'importantes pertes économiques. Les mycotoxines constituent ainsi l'un des principaux problèmes associés aux espèces phytopathogènes du genre Aspergillus **(Nji et *al*., 2023).**

La pathogénicité des champignons repose sur des mécanismes évolutifs influencés par des facteurs génétiques et environnementaux. Ces mécanismes jouent un rôle important dans l'interaction entre le champignon et son hôte. Certaines espèces produisent des métabolites secondaires toxiques qui leur permettent de s'adapter et de survivre dans des conditions de stress. L'expression des facteurs de virulence varie selon les conditions du milieu, ce qui permet de distinguer les souches pathogènes des souches non pathogènes **(Nji et *al*., 2023).**

Sur le plan écologique, les espèces du genre *Aspergillus* présentent une grande capacité d'adaptation à différents milieux. Le sol constitue leur principal réservoir naturel, mais elles peuvent aussi être présentes dans divers environnements. Certaines espèces comme A. fumigatus, A. flavus et A. niger sont largement répandues. Elles sont surtout retrouvées dans les régions tropicales et subtropicales ainsi que dans certaines zones de haute altitude. Cette répartition est parfois associée à des contaminations par les mycotoxines **(Nji et *al*., 2023).**

I.2. Les bactéries phytopathogènes :

I.2.1. Généralités sur les bactéries phytopathogènes :

Les bactéries phytopathogènes sont des micro-organismes responsables de maladies chez les plantes, en£traînant des perturbations de leur croissance et une baisse de la production agricole.

Dans leur environnement, les plantes sont exposées à une grande diversité de micro-organismes présents dans le sol, l'eau et les tissus végétaux. Certains sont bénéfiques, tandis que d'autres sont pathogènes et provoquent des interactions défavorables avec la plante **(Khan et *al*., 2024).**

Ces bactéries provoquent différentes maladies végétales, se traduisant par des lésions, des nécroses et le flétrissement, ainsi qu'une baisse de croissance et de rendement. Elles se diffusent facilement, notamment via les semences, et peuvent infecter plusieurs types de plantes **(Yao et *al*., 2022).**

L'infection bactérienne perturbe aussi des fonctions physiologiques essentielles comme la croissance, la photosynthèse et les mécanismes de défense. Pour assurer leur colonisation, ces bactéries utilisent divers facteurs de virulence, tels que les protéines effectrices, les enzymes, les toxines et les systèmes de sécrétion, ce qui leur permet de contourner les défenses de la plante **(Yao et *al*., 2022).**

La virulence peut varier selon les signaux de l'hôte et les conditions environnementales, comme chez Agrobacterium tumefaciens, *Erwinia* amylovora et *Pseudomonas* sp. Enfin, la colonisation des tissus végétaux dépend des stratégies nutritionnelles des bactéries, tandis que la plante met en place ses mécanismes de défense pour limiter l'infection **(Asif et *al*., 2024).**

II.2.1. Le genre *Erwinia* :

Le genre *Erwinia*, décrit pour la première fois en 1920 par Winslow et al., appartient à la famille des *Erwiniaceae* et à l'ordre des Enterobacterales. Il est largement répandu dans la nature et principalement associé aux plantes, notamment les arbres fruitiers, les pommes de terre, les agrumes et l'olivier. Certaines espèces peuvent également être associées aux insectes **(Zhang et *al*., 2025).**

Le genre *Erwinia* regroupe des bactéries phytopathogènes de la famille des *Erwiniaceae.* Ce sont des bactéries à Gram négatif, de forme bacillaire, capables d'infecter plusieurs plantes hôtes. Elles peuvent être associées aux plantes et aux semences, ce qui favorise leur dissémination par les graines. Certaines souches produisent également un pigment rose soluble dans l'eau **(Yao et *al*., 2022).**

Erwinia regroupe plusieurs bactéries phytopathogènes responsables de maladies importantes chez les plantes. Parmi les espèces les plus connues, *Erwinia* amylovora est l'agent causal du feu bactérien chez les arbres fruitiers à pépins, tandis que *Erwinia* pyrifoliae est associée au feu bactérien des poiriers asiatiques. Ces espèces sont historiquement rattachées à la famille des Enterobacteriaceae **(He et *al*., 2024).**

L'identification des espèces du genre *Erwinia* est difficile à cause de leur forte diversité phénotypique et de leur proximité avec d'autres genres comme Pantoea. Cette proximité peut provoquer des erreurs de classification avec les méthodes classiques basées sur les caractères culturaux et biochimiques. C'est pourquoi les méthodes moléculaires sont souvent nécessaires pour une identification plus fiable et précise **(Crosby et *al*., 2023).**

Certaines espèces du genre *Erwinia* peuvent infecter plusieurs parties de la plante, notamment les fleurs et les jeunes tissus végétaux. Les infections provoquent généralement des lésions nécrotiques, la production d'exsudats bactériens ainsi que la formation de chancres sur les tissus atteints. Dans des conditions favorables, ces maladies peuvent entraîner des dégâts importants au niveau des cultures, en particulier chez les arbres fruitiers comme le pommier et le poirier **(Delgado Santander et Zhao, 2026).**

II.2.2. Le genre *Pseudomonas* :

Les bactéries appartenant au genre *Pseudomonas* sont des bactéries à Gram négatif, capables de former du biofilm mais ne produisant pas de spores. Plusieurs espèces de ce genre, notamment *Pseudomonas* fluorescens, sont largement étudiées pour leurs interactions avec les plantes, Elles sont ubiquitaires dans le sol et étroitement associées aux racines des plantes **(Wang et *al*., 2022).**

De plus, le genre *Pseudomonas* regroupe des bactéries largement présentes dans l'environnement, notamment dans le sol et l'eau. Certaines espèces présentent un effet bénéfique sur les plantes en participant au biocontrôle et à la protection contre les agents phytopathogènes, tandis que d'autres peuvent provoquer des maladies chez les plantes **(Chae et *al*., 2020).**

Certaines espèces produisent des composés antimicrobiens impliqués dans le biocontrôle, tels que le diacétyl-phloroglucinol (DAPG), les lipopeptides et la pyolutéorine, capables d'inhiber différents champignons et bactéries pathogènes. Toutefois, cette activité dépend fortement des souches et des conditions environnementales **(Rivilla et Malone, 2023).**

Par ailleurs, certaines souches interagissent avec des champignons phytopathogènes et répondent à leurs exsudats en activant des gènes liés à la formation du biofilm. Ce mécanisme favorise leur adaptation et leur survie dans l'environnement, tout en améliorant leur capacité à coloniser les surfaces végétales **(Rivilla et Malone, 2023).**

Le genre *Pseudomonas* est très divers dans ses interactions avec les plantes, avec des souches bénéfiques qui stimulent la croissance et la protection, et d'autres qui peuvent être pathogènes selon les conditions. Certaines sont PGP utilisées en agriculture, tandis que les souches pathogènes possèdent des facteurs de virulence comme le système T3SS. La protection dépend surtout de la colonisation des racines et de la compétition dans la rhizosphère, grâce à des facteurs génétiques comme le système ColR/S **(Wang et *al*., 2022).**

La rhizosphère est la zone du sol influencée par les racines des plantes, où celles-ci libèrent des exsudats riches en carbone et en azote. Cela entraîne un effet rhizosphérique caractérisé par une forte augmentation des populations microbiennes au niveau des racines et une compétition importante entre les micro-organismes **(Zboralski et Filion, 2020).**

I.3. Méthodes de lutte contre les maladies phytopathogènes :

I.3.1. La lutte préventive :

Le secteur agricole doit renforcer les mesures de quarantaine, la surveillance des maladies et les systèmes d'alerte précoce. Ces actions permettent de détecter rapidement les risques et de limiter la propagation des maladies cryptogamiques **(Krzyzaniak et *al*., 2021).**

La lutte préventive vise à empêcher l'apparition et le développement des maladies cryptogamiques. Elle repose sur de bonnes pratiques agricoles et une gestion raisonnée des cultures. Cette méthode fait partie de la lutte intégrée (IPM), qui associe plusieurs moyens de protection afin de réduire l'utilisation des pesticides et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement, tout en assurant une production agricole satisfaisante **(Gai et Wang, 2024).**

I.3.2. La lutte biologique :

La lutte biologique consiste à utiliser des organismes utiles ou des produits naturels pour limiter les maladies provoquées par les champignons, les bactéries et les virus. Elle repose sur plusieurs mécanismes naturels, notamment la compétition, l'antibiose, le parasitisme et la prédation. Dans le cas des maladies fongiques, elle fait appel à des microorganismes fongiques ou bactériens, ainsi qu'à des composés d'origine naturelle **(Krzyzaniak et *al*., 2021).**

I.3.3. La lutte agronomique :

Il existe plusieurs stratégies de lutte active qui regroupent un ensemble de mesures prophylactiques visant à réduire l'incidence des maladies fongiques dans notre cas. Parmi ces mesures, la date de semis, la rotation culturale ainsi que la sélection variétale représentent des leviers agronomiques efficaces pour limiter les risques épidémiques **(Maulenbay et Rsaliyev, 2024).**

I.3.4. La lutte génétique :

La sélection de variétés résistantes constitue une stratégie essentielle dans la gestion des maladies. Elle permet, grâce aux méthodes classiques ou moléculaires, d'obtenir des variétés plus tolérantes, de réduire l'usage des pesticides et d'améliorer le rendement ainsi que la qualité des cultures **(Gai et Wang, 2024).**

I.3.5. La lutte chimique :

La lutte chimique est une méthode ancienne de contrôle des maladies des plantes. Elle repose sur l'utilisation des produits phytosanitaires, surtout les fongicides, pour protéger les cultures contre les maladies cryptogamiques. Elle est très utilisée en agriculture grâce à son efficacité rapide dans la réduction des infections **(Gai et Wang, 2024).**

L'utilisation excessive de ces produits peut nuire à l'environnement et à la santé humaine, notamment par la pollution et la perte de biodiversité. Elle peut aussi provoquer des résistances chez les agents pathogènes, rendant les traitements moins efficaces. C'est pourquoi il faut privilégier des méthodes de lutte plus durables et respectueuses de l'environnement **(Krzyzaniak et *al*., 2021).**

Partie II :

Partie expérimentale

Chapitre III :

Matériels et méthodes

III.Matériels et méthodes :

La partie expérimentale de cette étude a été réalisée au laboratoire Agro-éco de l'Université Yahia Farès de Médéa durant une période de quatre mois, allant de février à mai 2026.

III.1.Matériel :

III.1.1.Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de deux espèces appartenant à la famille des *Anacardiaceae* :

- *Pistacia atlantica* Desf., récoltée dans la région de Berrouaghia (wilaya de Médéa).
- *Pistacia lentiscus* L., récoltée dans la région de Béni Slimane (wilaya de Médéa).

Pour chaque espèce, quatre organes végétaux ont été étudiés : les feuilles, les pédoncules, les fruits rouges et les fruits noirs. Les échantillons ont été récoltés manuellement durant les mois de novembre et décembre 2025, puis transportés au laboratoire dans des sachets en papier pour éviter toute altération de leurs propriétés physicochimiques.

III.1.1.1. Présentation des régions d'étude :

La région de Berrouaghia est située au nord-est de la wilaya de Médéa. Elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par des hivers froids et des étés chauds et secs. La région de Béni Slimane est localisée au sud-est de la wilaya de Médéa. Elle présente un climat méditerranéen semi-aride marqué par une irrégularité des précipitations et des amplitudes thermiques importantes entre les saisons.

Ces deux stations ont été choisies en raison de l'abondance naturelle des espèces étudiées et de leur importance écologique dans la région.

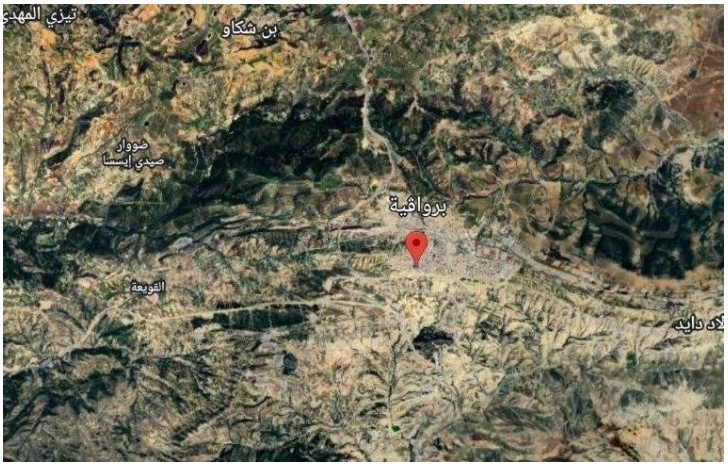


Figure III.1 : Carte géographique des stations de Berrouaghia (Google Earth Pro 2026).



Figure III.2 : Carte géographique des stations de Beni Slimane (Google Earth Pro 2026).

III.1.1.2.Pluviométrie : La pluviométrie correspond à la quantité totale des précipitations atmosphériques reçues dans une région pendant une période déterminée. Elle constitue l'un des principaux paramètres climatiques influençant la croissance, la répartition géographique et la productivité des espèces végétales **(Beniston, 2019).**

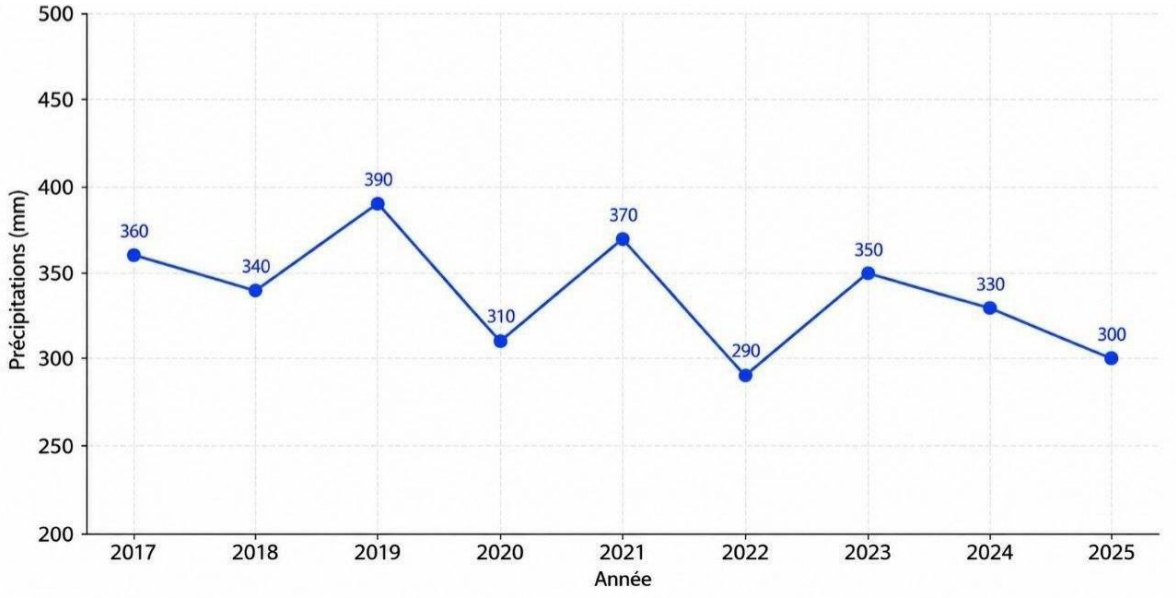


Figure III.3 : donnes climatiques de précipitation de Berrouaghia (Meteoblue, 2017/ 2026).

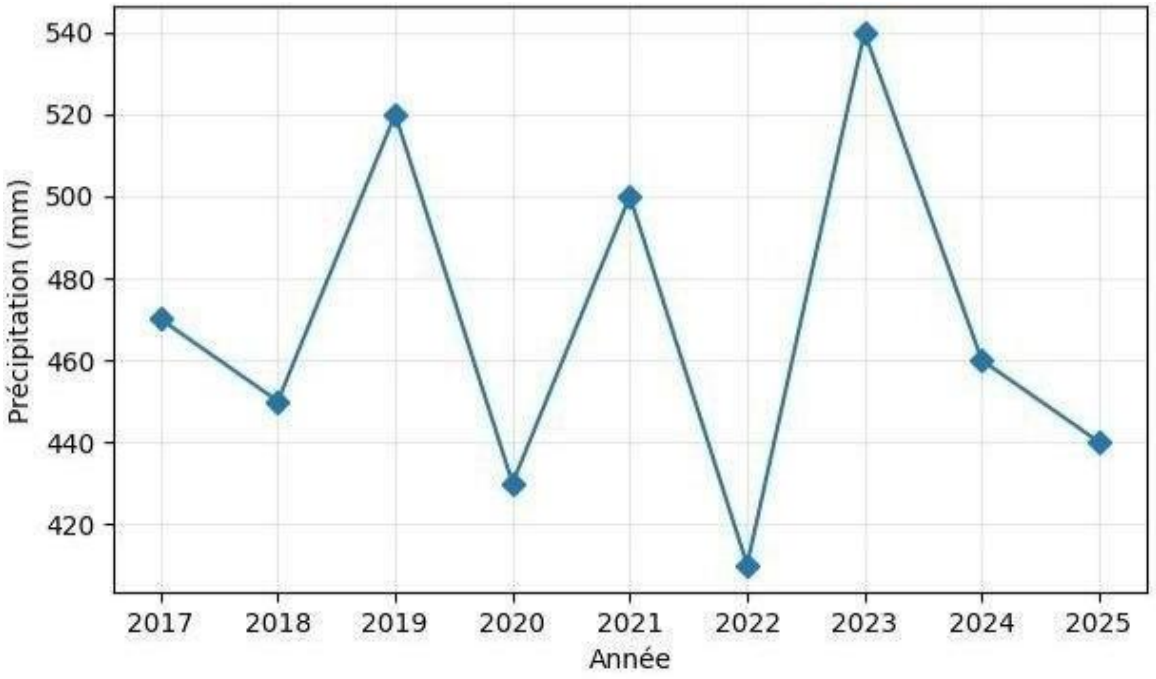


Figure III.4 : Données climatiques de précipitation de Beni Selimane (Meteoblue, 2017/ 2026).

III.1.1.3.Températures : La température représente le degré de chaleur de l'air mesuré à un moment donné. Elle joue un rôle fondamental dans les processus physiologiques des végétaux tels que la germination, la croissance, la floraison et la fructification **(Barry et Chorley, 2022).**

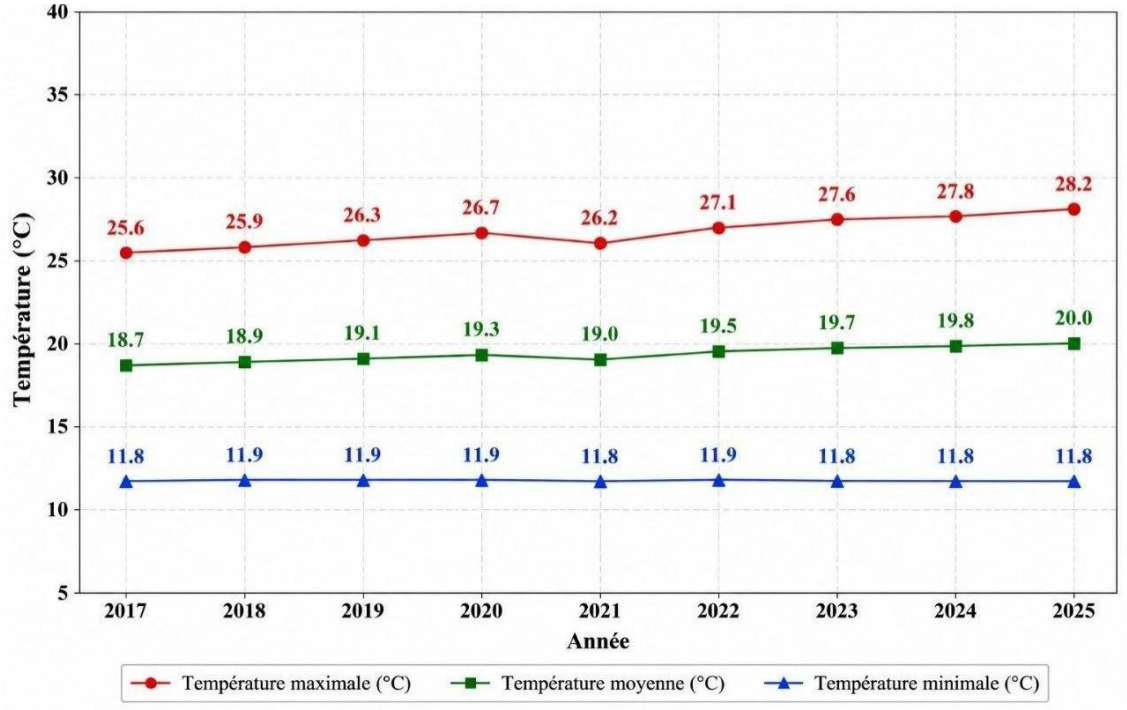


Figure III.5 : moyenne mensuelle températures de la région de Berrouaghia (Meteoblue, 2017/2026).

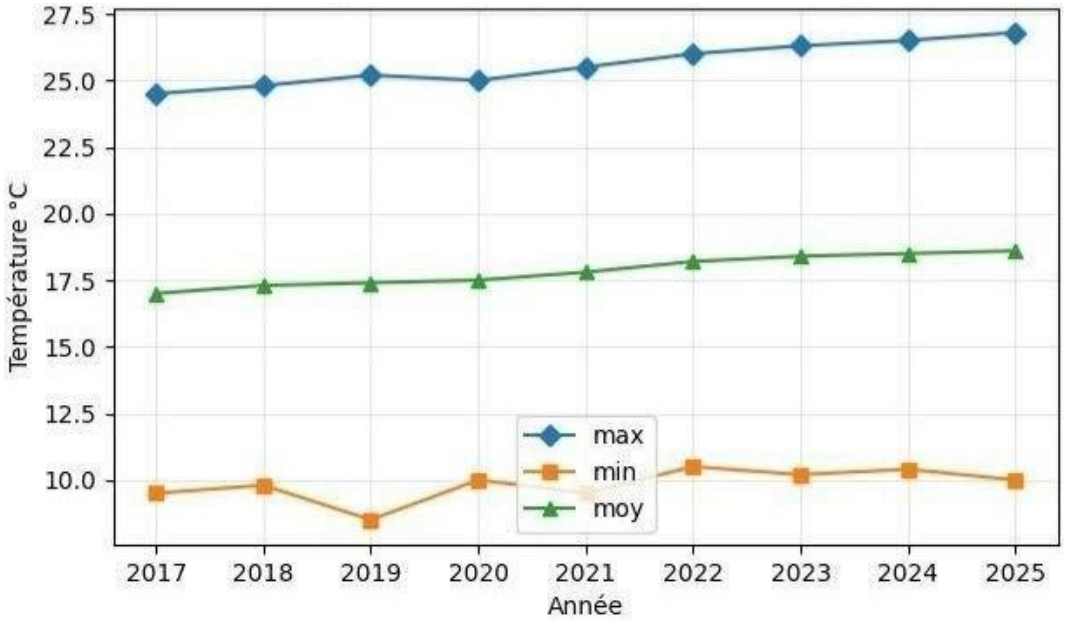


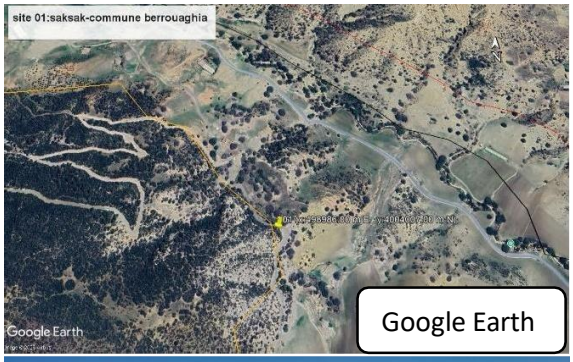
Figure III.6 : moyenne mensuelle températures de la région de Beni Slimane (Meteobleu, 2017/2026).

III.1.1.4.Description des stations d'étude :

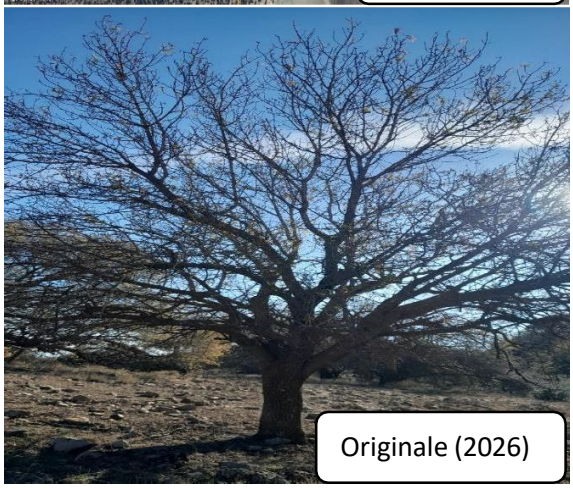
Tableau III.1 : Localités étudiées.

Stations	Coordonnées géographiques	Altitude	Étage Bioclimatique	Type de sol
Beni slimane	Lat : 36.2292851° N / Long : 3.3106927° E	≈ 584 m	Climat méditerranéen à été chaud (Csa)	Sol argilo-limoneux à tendance marneuse
Berrouaghia	Lat : 36.1301439° N / Long : 2.9099061° E	≈ 900 m	Climat méditerranéen à été chaud (Csa)	Sol argilo-limoneux à calcaire

Les coordonnées géographiques ont été relevées à l'aide de Google Earth Pro (2026).







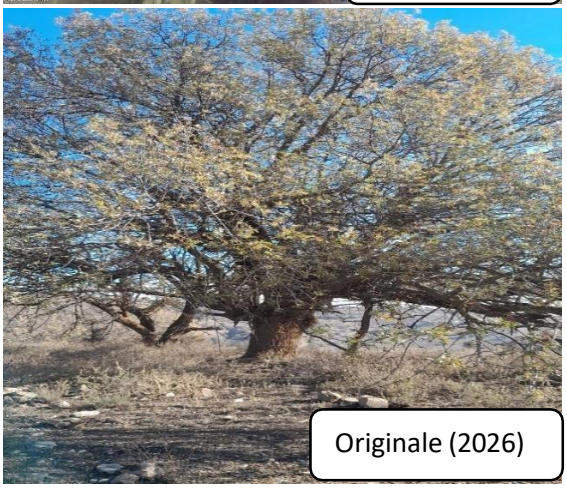


Figure III.7 : zone d'échantillonnage (Saksak-commune Berrouaghia ; Chaâbet Zeboudj-commune Berrouaghia) (Google Earth Pro 2026).



Figure III.8 : zone d'échantillonnage (localisation du cimetière Sidi Lakhdar à Ouled Ali, Beni Slimane) (Google Earth Pro 2026).

III.1.2.Matériel biologique :

III.1.2.1.Les souches fongiques :

Le matériel biologique utilisé dans cette étude comprend quatre souches fongiques phytopathogènes :

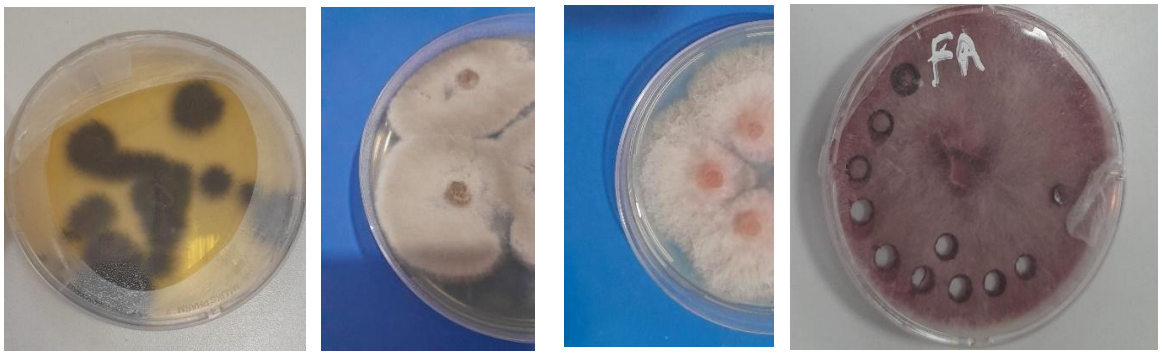
Aspergillus sp. 1

Aspergillus sp. 2

Fusarium sp. 1

Fusarium sp. 2

Les isolats fongiques ont été fournis par Madame Chaouati et conservés au laboratoire d'Agro-éco de l'Université Yahia Farès de Médéa.



Aspergillus sp. 2 *Aspergillus* sp. 1 *Fusarium* sp. 2 *Fusarium* sp. 1

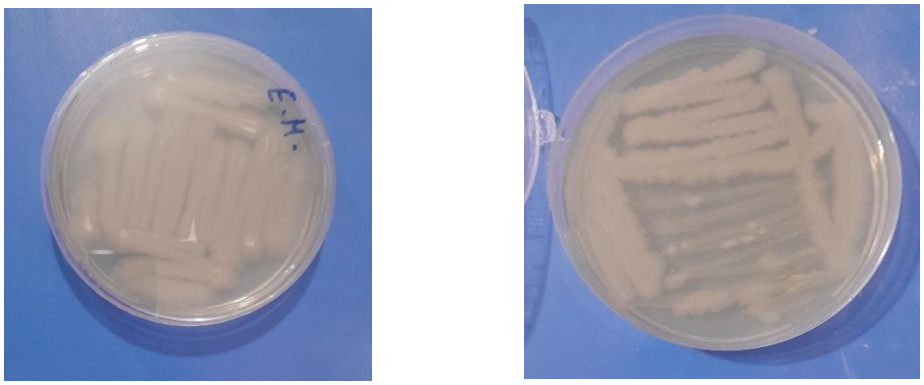
Figure III.9 : Les souches fongiques (Originale 2026).

III.1.2.2.Les souches bactériennes :

Deux souches bactériennes phytopathogènes ont également été utilisées :

- *Erwinia* sp.
- *Pseudomonas* sp.

Ces souches bactériennes ont été fournies par Monsieur Chaouch du Laboratoire National de la Protection des Végétaux (LNPV) d'El Harrach et conservées au laboratoire dans des conditions appropriées jusqu'à leur utilisation.



Erwinia sp. *Pseudomonas* sp.

Figure III.10 : Les souches bactériennes (Originale 2026).

III.1.2.3.Matériel de laboratoire :

Le matériel utilisé comprend notamment :

- Étuve de séchage.
- Balance analytique.
- Broyeur électrique.
- Agitateur magnétique.
- Verrerie de laboratoire.
- Boîtes de Pétri.
- Autoclave.
- Densitomètre.
- Vortex.

- Plaque chauffante.
- Rotavapeur (ou Évaporateur rotatif).
- Mortier.
-Tamis de laboratoire.
- Réfrigérateur.
- Bec Bunsen.

voir (Annexe)

III.2.Méthodes :

III.2.1.Préparation de l'extrait :

III.2.1.1.Séchage, broyage et tamisage de la plante:

Les différents organes végétaux ont été lavés à l'eau distillée puis séchés à température ambiante à l'abri de la lumière pendant plusieurs jours. Après séchage complet, les échantillons ont été broyés et tamisés afin d'obtenir une poudre homogène utilisée pour les différentes extractions.

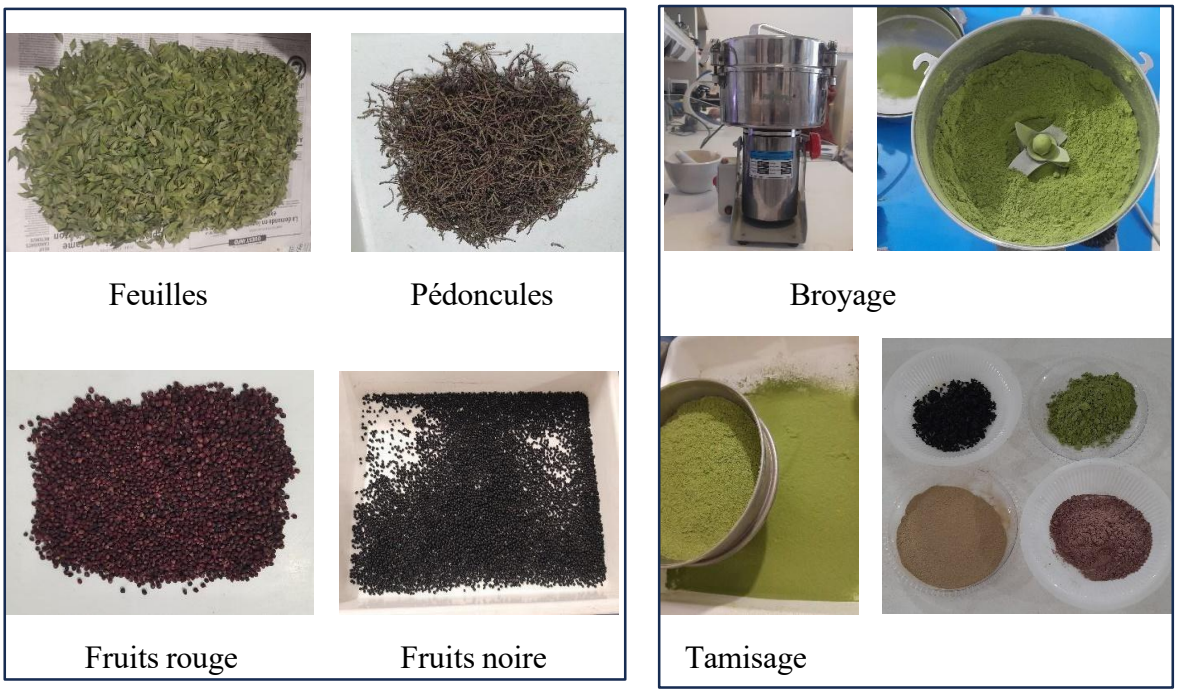


Figure III.11 : Séchage, broyages et tamisages de la plante étudiée (Originale 2026).

III.2.1.2.Extraction aqueuse :

La macération est une méthode d'extraction solide-liquide dans laquelle le matériel végétal est immergé dans un solvant pendant une durée déterminée afin de permettre la

diffusion des composés bioactifs vers le milieu extracteur. Cette technique est largement utilisée pour l'extraction des métabolites secondaires en raison de sa simplicité et de sa capacité à préserver les composés thermosensibles **(Popova et Bankova, 2023).**

L'extraction aqueuse a été réalisée par macération. Trente grammes (30 g) de poudre végétale ont été introduits dans un Erlenmeyer contenant 300 mL d'eau distillée. Le mélange a été maintenu sous agitation pendant 24 heures à température ambiante.

À l'issue de la macération, les extraits obtenus ont été filtrés à travers du coton hydrophile recouvert d'une compresse stérile afin d'éliminer les résidus végétaux grossiers. Les filtrats ont ensuite été centrifugés pour séparer les particules fines en suspension. Les surnageants récupérés ont été filtrés sur papier filtre Whatman n°1 afin d'obtenir des extraits clarifiés.

Les filtrats obtenus ont été concentrés à l'aide d'un rotavapeur pour éliminer l'excès d'eau. Après concentration, les extraits ont été transférés dans des boîtes de Pétri stériles puis placés dans une étuve réglée à 45 °C jusqu'à séchage complet. Les extraits secs obtenus ont ensuite été broyés à l'aide d'un mortier afin d'obtenir une poudre homogène. Les poudres ont finalement été conservées dans des boîtes stériles hermétiquement fermées jusqu'à leur utilisation dans les différents essais biologiques.

L'extraction aqueuse par macération a été réalisée selon une méthode adaptée des travaux de Conrad Kenechukwu Enenebeaku et al. (2022), utilisant l'eau distillée comme solvant d'extraction des composés bioactifs végétaux **(Enenebeaku et *al*., 2022).**

III.2.1.3.Extraction hydro-méthanolique :

L'extraction hydro-méthanolique a été réalisée par macération en utilisant un mélange méthanol/eau (70:30, v/v) comme solvant d'extraction. Trente grammes (30 g) de poudre végétale ont été mis en contact avec 300 mL du mélange hydroalcoolique dans un Erlenmeyer puis maintenus sous agitation pendant 24 heures à température ambiante. Après la période de macération, les extraits ont été filtrés à travers du coton hydrophile recouvert d'une compresse stérile afin d'éliminer les débris végétaux. Les filtrats obtenus ont ensuite été centrifugés puis filtrés sur papier filtre Whatman n°1 pour obtenir des extraits limpides.

Les filtrats ont été concentrés sous pression réduite à l'aide d'un rotavapeur jusqu'à évaporation complète du solvant. Les extraits concentrés ont ensuite été transférés dans des

boîtes de Pétri stériles puis placés dans une étuve à 45 °C jusqu'à obtention d'extraits secs. Ces derniers ont été réduits en poudre à l'aide d'un mortier puis conservés dans des boîtes stériles hermétiquement fermées à l'abri de l'humidité et de la lumière jusqu'à leur utilisation dans les essais biologiques.

III.2.1.4.Calcul du rendement d'extraction :

Le rendement d'extraction est un paramètre quantitatif utilisé pour évaluer l'efficacité d'un procédé d'extraction. Il correspond à la quantité d'extrait récupérée après extraction par rapport à la masse initiale de matière végétale utilisée. Ce paramètre permet de comparer l'efficacité des différentes méthodes d'extraction et des solvants employés, et constitue un indicateur essentiel dans la valorisation des composés bioactifs d'origine végétale **(El Mannoubi et *al*., 2023 ; Chibuye et *al*., 2023).**

Il a été calculé selon la formule suivante :

$R (\%) = (Me / Mp) \times 100$

Où :

R (%) : rendement d'extraction ;

Me : masse de l'extrait sec obtenu (g) ;

Mp : masse de la poudre végétale utilisée pour l'extraction (g).

Le rendement a été exprimé en pourcentage pour chacun des extraits aqueux et hydro-méthanoliques des différents organes étudiés.

L'extraction hydro-méthanolique par macération a été effectuée selon une méthode adaptée de Milena Popova et Vassya Bankova (2023), qui soulignent l'efficacité des solvants hydroalcooliques dans l'extraction des métabolites secondaires des plantes médicinales **(Popova et Bankova, 2023).**

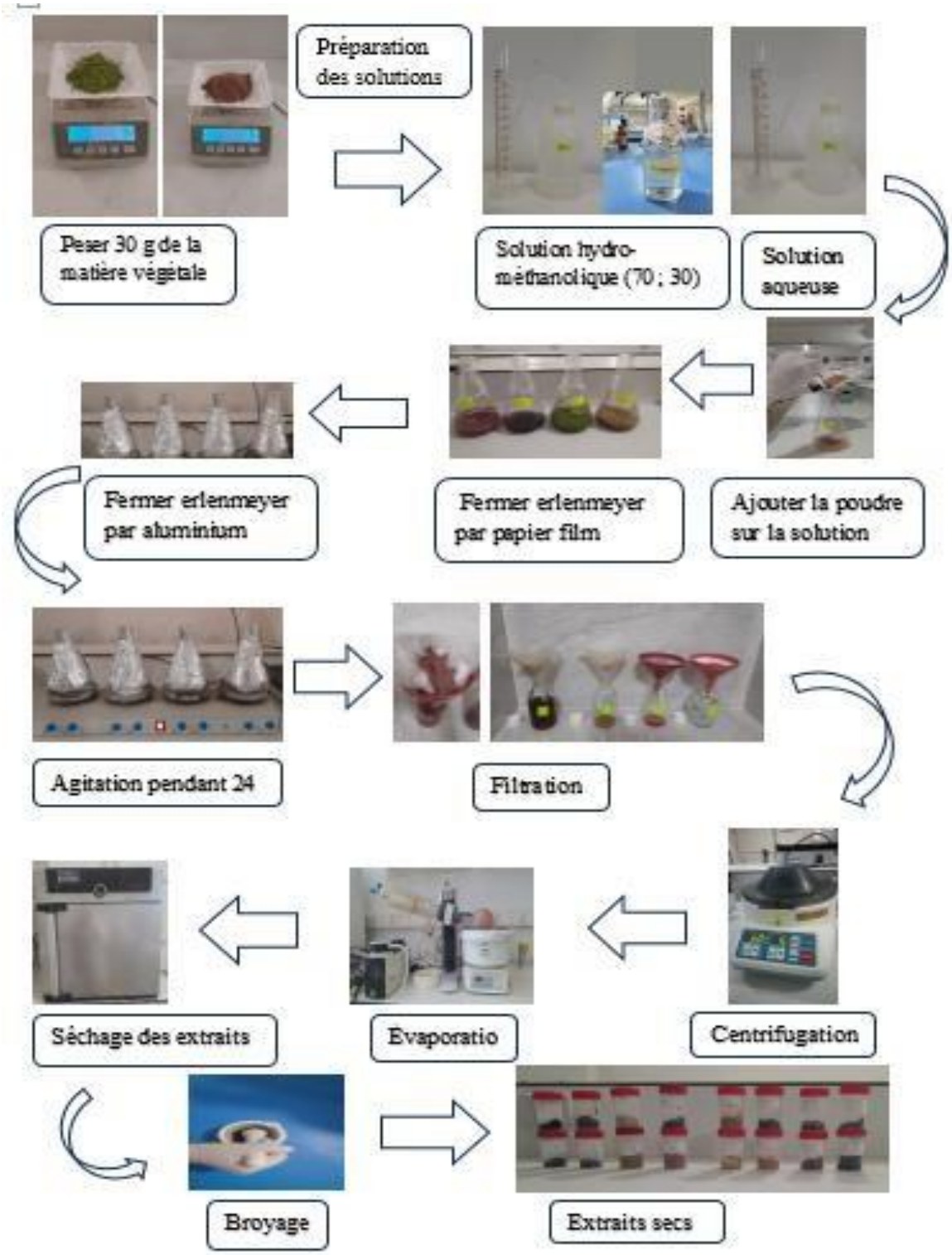


Figure III.12 : protocole expérimental des extractions hydro-méthanoliques et aqueuses (Original 2026).

III.3.Evaluation d'activité biologique :

III.3.1.Activité antifongique :

L'activité antifongique des extraits végétaux a été évaluée selon la méthode du milieu empoisonné (Poisoned Food Technique), largement utilisée pour mesurer l'effet inhibiteur des extraits de plantes sur la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes **(Kumar et *al*., 2022).**

III.3.1.1.Préparation du milieu de culture :

Le milieu de culture utilisé pour l'évaluation de l'activité antifongique était le milieu Sabouraud. Celui-ci a été préparé en dissolvant 65,05 g de poudre de milieu Sabouraud dans 1 L d'eau distillée. Après homogénéisation, le milieu a été réparti dans des flacons contenant chacun 80 mL puis stérilisé à l'autoclave à 121 °C pendant 20 min. Les milieux stérilisés ont ensuite été conservés jusqu'à leur utilisation.

III.3.1.2.Repiquage et entretien des souches fongiques :

Quatre souches fongiques ont été utilisées dans cette étude : *Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2 , *Fusarium* sp. 1 et *Fusarium* sp. 2. Les souches ont été repiquées sur milieu Sabouraud et incubées à 25 °C pendant 7 jours afin d'obtenir des cultures jeunes et actives. Les repiquages ont été renouvelés tous les sept jours afin de maintenir la viabilité des champignons durant toute la période expérimentale.

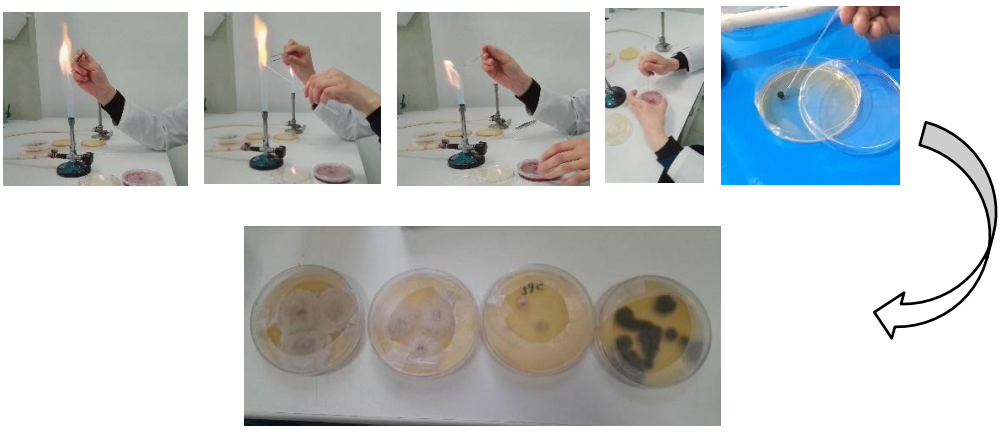


Figure III.13 : Étapes du repiquage des souches fongiques sur milieu Sabouraud et obtention de cultures actives (Originale, 2026).

III.3.1.3.Évaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux :

L'activité antifongique des extraits végétaux a été évaluée selon la méthode d'incorporation dans le milieu de culture (Poisoned Food Technique) (méthode de milieu empoisonné), avec quelques adaptations.

Les essais ont été réalisés sous conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen. Pour chaque extrait sec, quatre traitements ont été préparés dans des flacons contenant 80 mL de milieu Sabouraud fondu : un témoin négatif contenant uniquement le Tween 80 (0,5 mL) et la gentamicine, ainsi que trois concentrations d'extrait correspondant à 1 g, 2 g et 4 g (pour chaque 80 ml de milieu).

Tableau III.2 : Concentrations finales des extraits incorporés au milieu Sabouraud.

Masse d'extrait (g)	Volume du milieu (mL)	Concentration (% m/v)
1	80	1,25
2	80	2,5
4	80	5

La gentamicine a été ajoutée afin d'éviter le développement de contaminations bactériennes au cours de l'incubation. Après ajout de l'antibiotique et des différentes quantités d'extrait, les flacons ont été homogénéisés jusqu'à dissolution complète.

Le contenu de chaque flacon a ensuite été réparti dans huit boîtes de Pétri stériles à raison de 10 mL par boîte. Après solidification du milieu, les boîtes ont été étiquetées puis inoculées au centre par un disque mycélien de 6 mm de diamètre prélevé à partir d'une culture âgée de 7 jours de chaque souche fongique.

Pour chaque souche, les essais ont été réalisés pour les trois concentrations ainsi que pour le témoin, avec deux répétitions par traitement afin d'assurer la reproductibilité des résultats. Les boîtes inoculées ont été incubées à 25 °C et la croissance mycélienne a été mesurée après 3, 5 et 7 jours d'incubation. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'une règle graduée en déterminant le diamètre de croissance du mycélium. Les diamètres ont été mesurés selon deux axes perpendiculaires et la moyenne des deux mesures a été utilisée pour l'analyse des résultats. L'effet antifongique des extraits a été déterminé en comparant le diamètre de croissance obtenu dans les milieux traités à celui observé dans le témoin.

III.3.1.4.Calcul du pourcentage d'inhibition :

Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a été calculé à l'aide de la formule

suivante :

I (%) = (Dt − De) / Dt × 100

où :

I (%) : pourcentage d'inhibition ;

Dt : diamètre moyen de croissance du témoin (cm) ;

De : diamètre moyen de croissance en présence de l'extrait (cm).

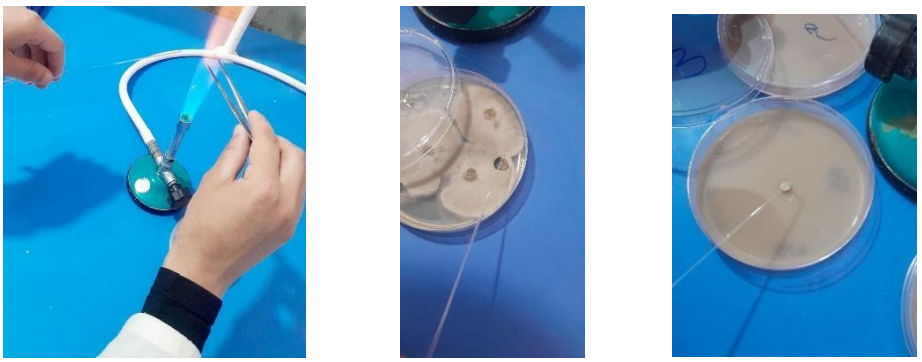


Pesée des extraits secs 1g, 2g et 4g

Préparation des concentrations d'extraits dans le milieu Sabouraud fondu (D1 , D2 et D3)



Inoculation des disques mycéliens au centre des boîtes de Pétri



Application

Figure III.14 : Activité antifongique (Originale 2026).

III.3.2.Activité antibactérienne :

L'activité antibactérienne a été déterminée par la méthode de diffusion sur disque, une technique couramment utilisée pour évaluer la sensibilité des bactéries aux extraits végétaux **(Balouiri et *al*., 2021).**

III.3.2.1.Préparation des milieux de culture :

Les différents milieux de culture utilisés (eau physiologique, eau peptonée, milieu Levure-Peptone et milieu King B) ont été préparés conformément aux protocoles de laboratoire. Les compositions et modalités de préparation sont présentées en Annexe n°03.

III.3.2.2.Préparation et entretien des souches bactériennes :

Les souches bactériennes utilisées dans cette étude sont *Pseudomonas* sp. et *Erwinia* sp. Les bactéries ont d'abord été repiquées dans l'eau peptonée puis incubées à 37 °C pendant 24 h afin d'obtenir des cultures jeunes et actives.

Après incubation, les souches ont été ensemencées sur leurs milieux sélectifs respectifs, à savoir le milieu Levure-Peptone (LP) pour *Erwinia* sp. et le milieu King B pour *Pseudomonas* sp. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h. Les repiquages ont été renouvelés toutes les 24 h afin d'utiliser des cultures fraîches durant les essais.

III.3.2.3.Préparation des extraits :

Les extraits secs ont été solubilisés dans une solution de DMSO préparée à partir de 2 mL de DMSO complétés à 100 mL avec de l'eau distillée stérile. Une masse de 0,5 g d'extrait a été dissoute dans 10 mL de cette solution afin d'obtenir la solution mère (D1). Après homogénéisation au vortex, une dilution au 1/2 a été réalisée en transférant 5 mL de D1 dans un tube contenant 5 mL de la solution DMSO/eau distillée stérile afin d'obtenir la dilution D2. Une seconde dilution au 1/2 a été effectuée selon le même principe pour obtenir la dilution D3. Les solutions ont été conservées à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation.

Tableau III.3 : Concentrations des solutions utilisées pour l'évaluation de l'activité antibactérienne.

Dose	Concentration (% m/v)
D1	5
D2	2,5
D3	1,25

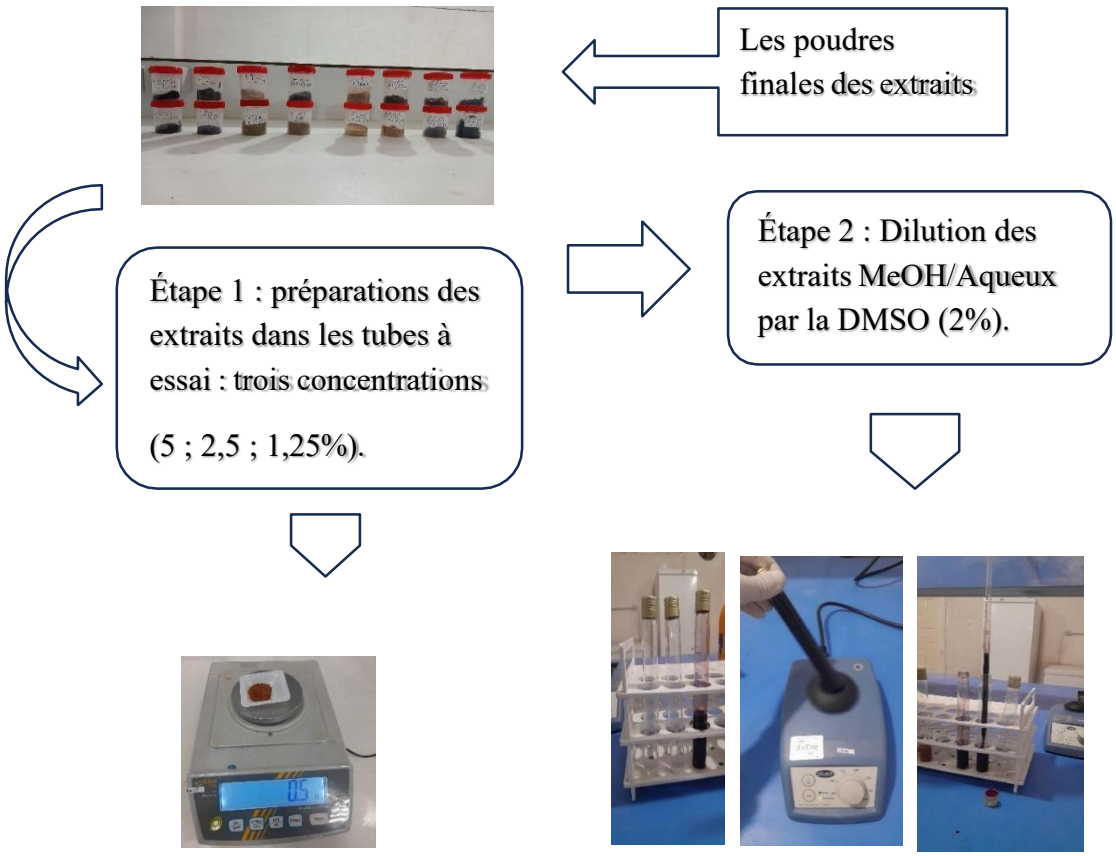


Figure III.15 : Préparation dilutions des extraits (Originale 2026).

III.3.2.4.Évaluation de l'activité antibactérienne :

L'activité antibactérienne des extraits végétaux a été évaluée par la méthode de diffusion sur disque **(Matuschek et *al*., 2022).**

Toutes les manipulations ont été réalisées dans des conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen. Une suspension bactérienne de *Pseudomonas* sp. et *Erwinia* sp. a été préparée dans 10 mL d'eau physiologique stérile puis homogénéisée à l'aide d'un vortex.

La densité cellulaire a été ajustée entre 0,8 et 1 McFarland à l'aide d'un densitomètre. Les milieux de culture préalablement fondus au bain-marie ont été refroidis à environ 40 °C avant l'incorporation de la suspension bactérienne afin d'éviter tout choc thermique susceptible d'altérer la viabilité cellulaire. Les milieux ensemencés ont ensuite été coulés dans des boîtes de Pétri stériles. Pour chaque extrait, deux boîtes ont été préparées correspondant à deux répétitions expérimentales.

Après solidification du milieu, chaque boîte a été divisée en quatre secteurs correspondant aux différentes concentrations testées ainsi qu'au témoin. Des disques stériles imprégnés des solutions D1, D2 et D3 ont été déposés à la surface du milieu. Le témoin a été constitué d'un disque imprégné uniquement de la solution DMSO/eau distillée. Le DMSO utilisé comme témoin négatif n'a présenté aucun effet inhibiteur sur les souches bactériennes testées. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h.

L'activité antibactérienne a été exprimée par le diamètre des zones d'inhibition (mm) mesuré autour des disques imprégnés des extraits après 24 h d'incubation. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés en millimètres à l'aide d'une règle graduée et exprimés sous forme de moyenne des deux répétitions expérimentales.




Suspension bactérienne

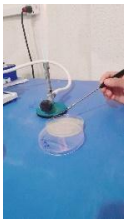


Réactivation des bactéries

5 mL l'eau physiologique stérile à 0,9% dans tube à essai








Prélèvement des colonies bactériennes et dilution dans l'eau physiologique.






Coulage du milieu de culture dans les boîtes de pétri stériles.

Mettre la dilution dans le milieu de culture avec agitation



Application

Figure III.16 : Activité antibactérienne (Originale 2026).

Chapitre IV :
Résultats et discussion

IV.Evaluation des activités biologiques

IV. 1. Activité antibactérienne :

L'activité antibactérienne a été évaluée à partir des extraits méthanolique et aqueux des différentes organes des deux espèces de *Pistacia* vis-à-vis de deux souches bactériennes (*Erwinia* sp. *et Pseudomonas* sp.) afin de déterminer leur potentiel bioactif. Les résultats des diamètres d'inhibition des différents extraits de *P. lentiscus* sur les souches fongiques testés sont présentés dans les figure IV.1et IV.2.

IV.1.1. Activité antibactérienne des extraits des différentes parties de *P. lentiscus*:

Les résultats présentés dans la figure IV.1 révèlent une variation des diamètres des zones d'inhibition en fonction des souches bactériennes testées, de la nature de l'extrait (méthanolique ou aqueux), de la concentration appliquée ainsi que de l'organe de *Pistacia lentiscus* utilisé. Les diamètres enregistrés varient de l'absence totale d'inhibition à des valeurs maximales observées avec certains extraits.

D'une manière générale, les extraits méthanoliques et aqueux ont montré une activité antibactérienne variable vis-à-vis de *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.**.** Une diminution progressive des diamètres d'inhibition a été observée lorsque la dilution augmentait de D1 à D3, traduisant un effet dose-dépendant et indiquant que l'activité antibactérienne est plus marquée aux concentrations les plus élevées.

Les résultats montrent que les extraits méthanoliques et aqueux de *Pistacia lentiscus* exercent une activité antibactérienne variable contre *Erwinia* sp. *et Pseudomonas* sp., avec une diminution progressive des diamètres d'inhibition lorsque la dilution augmente de D1 à D3, mettant en évidence un effet dose-dépendant. À la concentration D1, les organes fruits mature et fruits non mature se sont révélées les plus actives. En particulier, l'extrait méthanolique de fruits mature a présenté les plus grands diamètres d'inhibition contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.. Les extraits aqueux ont également montré une activité importante, notamment pour les fractions fruits non matures et fruits matures.

À l'inverse, l'organe feuille a affiché les activités les plus faibles, avec une absence d'inhibition à certaines dilutions, tandis que le pédoncule a montré une activité intermédiaire. Cette différence d'efficacité suggère une répartition inégale des composés bioactifs entre les différents organes de la plante.

La comparaison des deux souches bactériennes indique que *Pseudomonas* sp. est légèrement plus résistante à certains extraits, probablement en raison de la structure de sa membrane externe caractéristique des bactéries à Gram négatif. Toutefois, les différences observées restent limitées, ce qui témoigne d'une sensibilité globale comparable des deux bactéries aux extraits testés. Ces résultats mettent en évidence le potentiel antibactérien des organes fruits non mature et mature , qui apparaissent comme les plus prometteuses pour la lutte contre ces phytopathogènes.

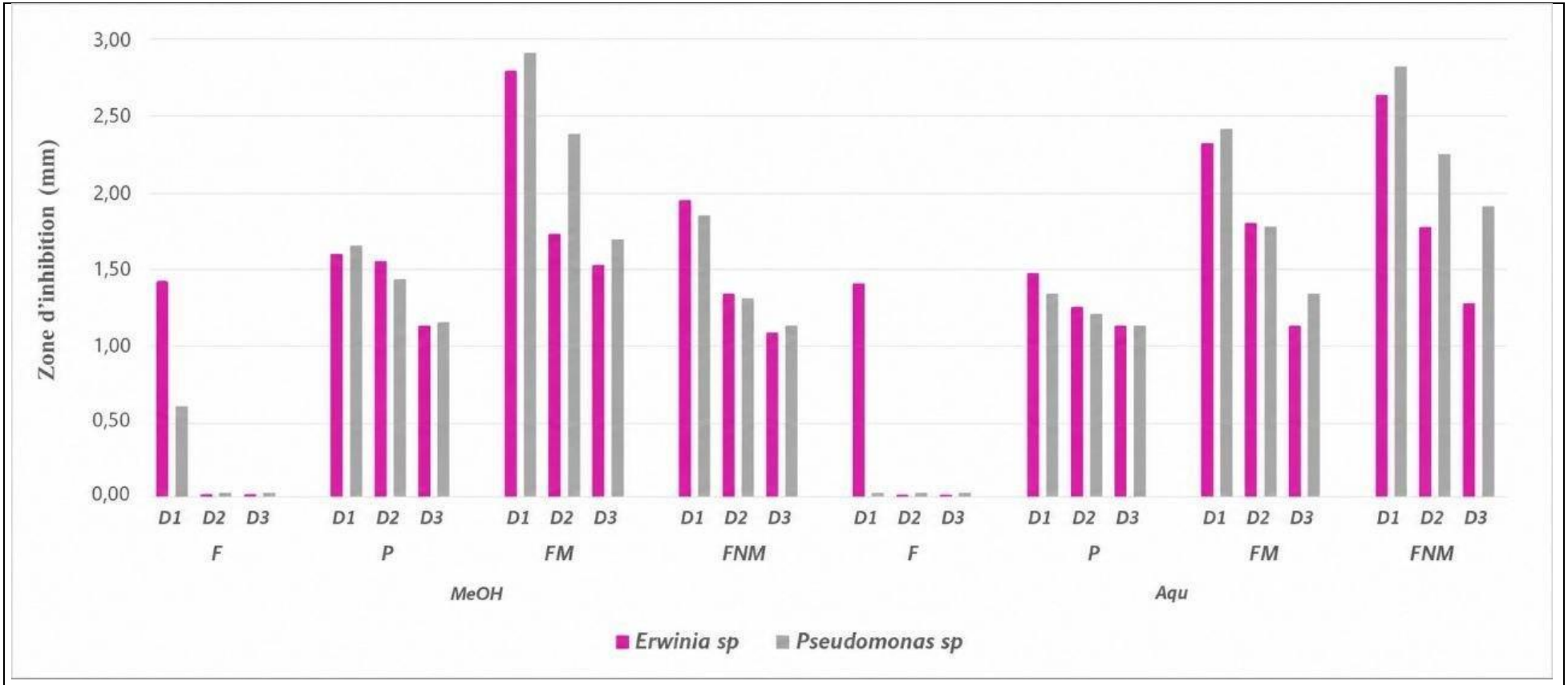


Figure IV.1.Diamètre des zones d'inhibition des extraits méthanoliques des différents organes de *P. lentiscus* vis-à-vis des (*Erwinia* sp. *et Pseudomonas* sp.)

***MeOH.** : extrait méthanolique ; **Aqu :** extrait aqueux ; F: lentisque feuille, **P** : lentisque pédoncule, **FN** : lentisque fruit non mature, **FM** :lentisque fruit mature,*

IV.1.2. Activité antibactérienne des extraits des différentes parties de *P. atlantica :*

Les résultats présentés dans la figure IV.2 révèlent une variation des diamètres des zones d'inhibition en fonction des souches bactériennes testées, de la nature de l'extrait (méthanolique ou aqueux), de la concentration appliquée ainsi que de l'organe de *Pistacia atlantica* utilisé. Les diamètres enregistrés varient de l'absence totale d'inhibition à des valeurs maximales observées avec certains extraits.

D'une manière générale, les extraits méthanoliques et aqueux ont présenté une activité antibactérienne variable à l'égard des souches *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp., cette activité dépendant à la fois de l'organe de la plante utilisé, du type d'extraction et de la concentration appliquée. Les diamètres des zones d'inhibition enregistrés diffèrent selon les extraits testés, traduisant des niveaux d'efficacité antibactérienne variables. Par ailleurs, une diminution progressive des zones d'inhibition a été observée lorsque la dilution augmentait de D1 à D3, aussi bien pour les extraits méthanoliques que pour les extraits aqueux. Cette tendance met en évidence une relation dose-dépendante, indiquant que l'activité antibactérienne est plus prononcée aux concentrations les plus élevées et diminue progressivement avec la réduction de la concentration des extraits.

Concernant *Erwinia* sp., les extraits méthanoliques des feuilles et des pédoncules ont présenté les activités les plus élevées à la dilution D1. Ces activités diminuent progressivement aux dilutions D2 et D3. En revanche, l'extrait de fruit mature a montré une activité plus faible aux différentes dilutions. L'extrait de fruit non mature a affiché une activité intermédiaire selon la dilution. Pour les extraits aqueux, la meilleure activité a été observée avec la fraction fruit mature à D1, suivie de la fraction feuille, tandis que les fractions pédoncule et fruit non mature ont montré des effets plus modérés.

Pour *Pseudomonas* sp., les résultats révèlent une sensibilité différente selon les fractions. L'extrait méthanolique de fruit non mature a présenté la plus forte activité inhibitrice, ce qui en fait l'extrait le plus efficace contre cette souche. Les extraits de feuille et de pédoncule ont montré une activité modérée, alors que l'extrait de fruit mature s'est révélé le moins actif. Dans le cas des extraits aqueux, l'extrait de fruit mature a également enregistré les meilleures performances, suivi par les extraits de feuille.

$

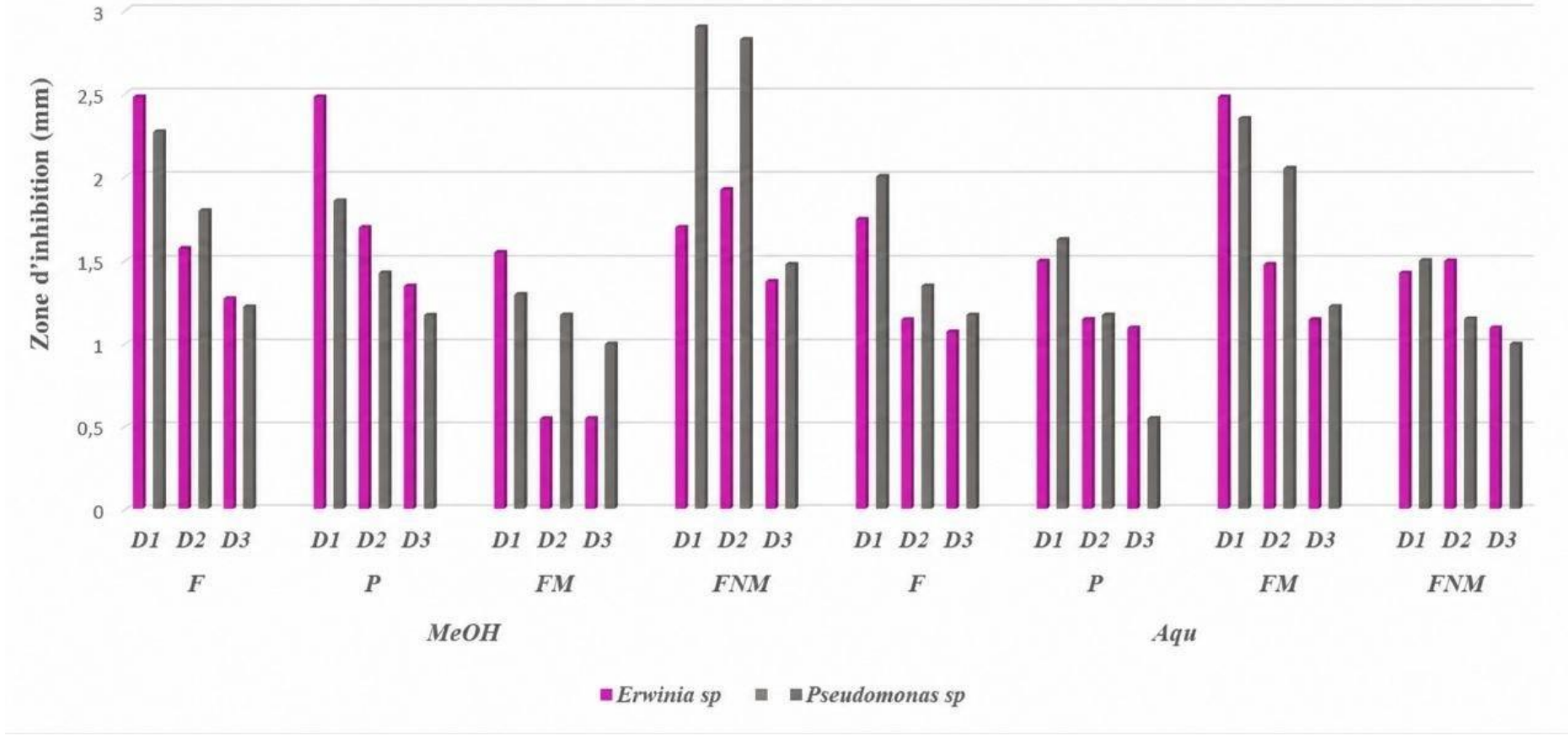


Figure IV.2.Diamètre des zones d'inhibition des extraits méthanoliques des différents organes de *P. atlantica* vis-à-vis des (*Erwinia* sp. *et Pseudomonas* sp.)

***MeOH.** : extrait méthanolique ; **Aqu :** extrait aqueux ; F:Atlantica feuille, **P** : Atlantica pédoncule, **FN** : Atlantica fruit non mature, **FM** :Atlantica fruit mature,*

❖ **Discussion :**

Les fortes activités observées pour fruits non mature et mature pourraient être liées à leur richesse en métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes et les tanins, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

Bastas (2020) a évalué l'activité antibactérienne de plusieurs extraits végétaux contre *Erwinia* amylovora. Les résultats ont montré que les extraits méthanoliques présentaient une activité antibactérienne importante. L'auteur a également observé une diminution de l'activité antibactérienne avec la réduction de la concentration des extraits, traduisant un effet dose-dépendant.

Dans la présente étude, les extraits de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* ont également montré une activité antibactérienne importante. Les plus fortes activités ont été observées avec l'extrait méthanolique des fruits matures de *P. lentiscus* ainsi qu'avec l'extrait méthanolique des fruits non matures de *P. atlantica* contre *Pseudomonas* sp..

Les valeurs obtenues dans notre étude sont légèrement supérieures à celles rapportées par **Bastas (2020)**, notamment pour les extraits des fruits de *Pistacia*. Cette différence pourrait s'expliquer par la nature des espèces végétales étudiées, la richesse des fruits de *Pistacia* en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, ainsi que par les différences liées aux méthodes d'extraction, aux concentrations utilisées et aux souches bactériennes testées. Par ailleurs, les deux études mettent en évidence un effet dose-dépendant, l'activité antibactérienne diminuant progressivement avec la dilution des extraits.

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent que les extraits de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* possèdent une activité antibactérienne notable contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp. Ces observations concordent avec les travaux de **Stoyanova et *al*. (2024)**, qui ont rapporté une activité antibactérienne importante de certains extraits végétaux contre *Erwinia* amylovora.

Dans notre étude, les activités les plus élevés ont été enregistrés avec les extraits méthanoliques des fruits matures de *P. lentiscus* contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp., ainsi qu'avec l'extrait méthanolique des fruits non matures de *P. atlantica* contre *Pseudomonas* sp.. Ces résultats sont supérieure à celles rapportées par **Stoyanova et *al.* (2024)**, suggérant un potentiel antibactérien particulièrement élevé des espèces de *Pistacia.* Cette activité pourrait être attribuée à la richesse des extraits de *Pistacia* en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes. Les différences observées entre les études peuvent également être liées aux espèces végétales utilisées, aux organes étudiés, à la nature des extraits, aux concentrations appliquées ainsi qu'aux souches bactériennes testées.

Dans notre étude, les extraits de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* ont montré une activité antibactérienne contre *Erwinia* sp., avec des diamètres d'inhibition importants observés principalement à la dilution D1. Ces résultats sont en accord avec ceux d'**Abd El-Hamied et *al.* (2025)**, qui ont rapporté une forte inhibition de *E.* amylovora par des extraits végétaux, notamment l'extrait d'ail. Dans les deux études, les extraits d'origine végétale ont significativement limité la croissance de cette bactérie phytopathogène.

Toutefois, l'activité antibactérienne obtenue dans notre étude reste différente de celle rapportée par **Abd El-Hamied et *al.* (2025)**, Malgré cette différence, les résultats obtenus témoignent d'une activité antibactérienne significative des extraits de *Pistacia.*

Les différences observées entre les deux études peuvent être attribuées à plusieurs facteurs. Premièrement, les espèces végétales utilisées sont différentes : notre étude a porté sur *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica*, tandis qu'**Abd El-Hamied et *al.* (2025)** ont utilisé l'ail et le gingembre. Deuxièmement, la composition chimique des extraits varie selon l'espèce végétale ; l'ail est particulièrement riche en composés soufrés, notamment l'allicine, reconnus pour leur forte activité antibactérienne. Les auteurs attribuent d'ailleurs l'effet observé à ces composés bioactifs.

Enfin, les différences peuvent également être liées à la méthode expérimentale, aux concentrations testées, à la nature du solvant d'extraction et à la teneur en métabolites secondaires (polyphénols, flavonoïdes, tanins et terpènes) présents dans les extraits de *Pistacia.* Ces facteurs influencent directement l'intensité de l'activité antibactérienne observée. La comparaison avec les travaux d'**Abd El-Hamied et *al.* (2025)** confirme que les extraits végétaux constituent une alternative prometteuse aux traitements chimiques contre *Erwinia* amylovora. Bien que l'intensité de l'inhibition varie selon l'espèce végétale et les conditions expérimentales, les deux études mettent en évidence le rôle majeur des métabolites secondaires dans le contrôle de cette bactérie phytopathogène.

Fontana et *al.* (2022) ont étudié l'activité antibactérienne des extraits de feuilles de Moringa oleifera contre *Erwinia* amylovora. Les résultats ont montré que les extraits méthanolique, hydroalcoolique et hydroalcoolique avec maltodextrine inhibaient complètement la croissance bactérienne à une concentration de 1 mg/mL. Les auteurs ont également observé une réduction d'environ 80 % de la formation du biofilm, une diminution de la motilité bactérienne allant jusqu'à 65 % ainsi qu'une réduction de la synthèse d'amylovorane pouvant atteindre 93 %. Les essais réalisés sur des plants de pommier ont confirmé l'efficacité des extraits, avec une réduction des symptômes du feu bactérien comprise entre 65 et 80 %. Dans notre étude, les extraits de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* ont également présenté une activité antibactérienne importante contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.. Ces résultats confirment, comme ceux de **Fontana et *al.* (2022)**, le potentiel antibactérien des extraits végétaux riches en composés phénoliques.

Les différences observées entre les deux études peuvent être expliquées par plusieurs facteurs. D'une part, les espèces végétales étudiées sont différentes (Moringa oleifera versus *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica*), ce qui implique une composition phytochimique différente. D'autre part, **Fontana et *al.* (2022)** ont utilisé des extraits de feuilles alors que notre étude a porté sur les fruits matures et non matures. De plus, les souches bactériennes testées, les méthodes d'extraction et les concentrations utilisées ne sont pas identiques. Enfin, l'activité plus élevée observée dans notre travail pourrait être liée à la richesse des fruits de *Pistacia* en

polyphénols, flavonoïdes et tanins, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes et leur capacité à perturber les membranes cellulaires bactériennes.

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que les extraits de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* possèdent une activité inhibitrice contre *Erwinia* sp. Ces observations sont en accord avec celles rapportées par **Ouhaibi et *al*. (2024)**, qui ont démontré une forte activité antibactérienne des extraits aqueux de romarin, de sauge et de thym vis-à-vis de cette même bactérie. Toutefois, les diamètres d'inhibition obtenus par ces auteurs sont supérieurs à ceux enregistrés dans notre étude. Malgré cette différence, les deux études confirment l'efficacité des extraits végétaux dans le contrôle de *E.* amylovora. Les différences observées peuvent être expliquées par plusieurs facteurs, notamment la nature des espèces végétales utilisées, la composition chimique des extraits, l'organe végétal étudié, le type de solvant d'extraction ainsi que les concentrations appliquées. Ces paramètres influencent directement la teneur en métabolites secondaires tels que les polyphénols, flavonoïdes, tanins et terpènes, responsables de l'activité antibactérienne observée.

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que les extraits méthanoliques et aqueux de *Pistacia lentiscus* présentent une activité antibactérienne importante contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp., avec des diamètres d'inhibition élevés pour l'extrait méthanolique des fruits matures à la concentration D1.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Dragović (2020)**, qui a démontré que l'huile essentielle des feuilles de *Pistacia lentiscus* possède une activité antimicrobienne vis-à-vis de la bactérie phytopathogène *Erwinia* amylovora. Les auteurs ont observé un effet inhibiteur modéré de l'huile essentielle contre cette bactérie Gram négatif, attribué à l'action synergique des différents constituants bioactifs présents dans l'huile essentielle, notamment l'α-pinène, le β-pinène et le limonène.

Toutefois, l'activité antibactérienne observée dans notre travail semble plus élevée que celle rapportée par **Dragović (2020)**. Cette différence pourrait être expliquée par plusieurs facteurs. D'abord, notre étude a utilisé des extraits bruts méthanoliques et aqueux issus de différents organes de la plante, alors que Dragović a travaillé sur l'huile essentielle des feuilles uniquement. Les extraits méthanoliques sont généralement riches en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, molécules reconnues pour leurs propriétés antibactériennes.

Par ailleurs, nos résultats montrent que les fruits matures et non matures sont les organes les plus actifs, tandis que les feuilles présentent une activité plus faible. Cette observation pourrait être liée à une accumulation plus importante de métabolites secondaires dans les fruits, notamment les composés phénoliques, dont la concentration varie selon l'organe végétal et le stade phénologique. **Dragović (2020)** souligne également que la composition chimique et la teneur en molécules bioactives de *P. lentiscus* dépendent fortement de la partie de la plante étudiée et des conditions environnementales.

Enfin, la sensibilité observée chez *Erwinia* sp. dans notre étude confirme le potentiel de *Pistacia lentiscus* comme source naturelle d'agents antibactériens utilisables dans la lutte contre les bactéries phytopathogènes. Les résultats obtenus renforcent ainsi les données de la littérature concernant l'intérêt agronomique et phytosanitaire de cette espèce méditerranéenne.

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que les extraits de *Pistacia lentiscus* exercent une forte activité antibactérienne contre *Pseudomonas* sp. et *Erwinia* sp., particulièrement pour les extraits méthanoliques des fruits matures qui ont présenté les diamètres d'inhibition les plus élevés. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Bouyahya et *al*. (2019)**, qui ont mis en évidence une activité antibactérienne importante des huiles essentielles de *P. lentiscus* contre plusieurs bactéries, notamment *Pseudomonas* aeruginosa, avec une zone d'inhibition importante pour l'huile essentielle des fruits et des feuilles.

Dans notre travail, les diamètres d'inhibition enregistrés contre *Pseudomonas* sp. ont été supérieurs à ceux rapportés par **Bouyahya et *al*. (2019)**. Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment la nature de l'extrait utilisé. En effet, notre étude a porté sur des extraits méthanoliques et aqueux, tandis que les auteurs ont utilisé des huiles essentielles. Les extraits méthanoliques sont généralement riches en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, reconnus pour leurs propriétés antibactériennes, ce qui pourrait expliquer leur efficacité plus élevée.

Par ailleurs, **Bouyahya et *al*. (2019)** ont observé que les huiles essentielles extraites des fruits présentent une activité antibactérienne plus importante que celles obtenues à partir des feuilles. Cette observation rejoint nos résultats, où les fruits matures ont montré les activités les plus élevées comparativement aux feuilles et aux pédoncules. Cette similitude suggère que les

fruits constituent une source plus riche en métabolites secondaires bioactifs responsables de l'effet antibactérien.

Les auteurs attribuent cette activité à la présence de composés terpéniques majeurs tels que l'α-pinène, le limonène et le myrcène. Ces molécules sont capables de perturber la membrane cellulaire bactérienne, provoquant une fuite des constituants intracellulaires et finalement la mort cellulaire. Dans notre étude, l'activité observée pourrait également être liée à l'action synergique entre les composés phénoliques et les autres métabolites secondaires présents dans les extraits de *P. lentiscus.*

Enfin, malgré la résistance généralement élevée des bactéries Gram négatif telles que Pseudomonas, les deux études ont montré une sensibilité notable de cette bactérie aux extraits de *P. lentiscus*. Cette concordance confirme le potentiel de cette espèce comme source naturelle prometteuse de substances antibactériennes pouvant être valorisées dans la lutte contre les bactéries phytopathogènes.

Les résultats obtenus montrent que les extraits de *Pistacia lentiscus* possèdent une activité antibactérienne variable selon l'organe végétal utilisé, le type d'extraction et la concentration appliquée. Les extraits méthanoliques ont généralement présenté une activité plus importante que les extraits aqueux, avec une diminution progressive des diamètres d'inhibition lors des dilutions successives, ce qui traduit un effet dose-dépendant.

Ces observations sont en accord avec les résultats rapportés par **Al-Zaben et *al*. (2023)**, qui ont montré que les extraits méthanoliques de *Pistacia lentiscus* exercent une activité antibactérienne plus élevée que les extraits aqueux. Les auteurs attribuent cette différence à une meilleure extraction des composés phénoliques et flavonoïdes par le méthanol, ces métabolites secondaires étant connus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

Toutefois, une différence est observée concernant l'organe végétal le plus actif. Dans notre étude, les fruits matures et non matures ont présenté les meilleurs effets inhibiteurs, alors que l'étude d'Al-Zaben et al. (2023) a mis en évidence une activité plus importante des feuilles. Cette divergence peut s'expliquer par les différences de matériel végétal utilisé, l'origine géographique des plantes, les conditions environnementales, les souches bactériennes testées ainsi que les variations de la composition phytochimique entre les organes de la plante.

L'activité antibactérienne observée dans notre étude pourrait être liée à la présence de composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins, capables d'altérer la

membrane cellulaire bactérienne et d'inhiber différentes fonctions métaboliques. Ces résultats confirment ainsi le potentiel de *Pistacia lentiscus* comme source naturelle de molécules antimicrobiennes pouvant être valorisées dans la lutte contre les bactéries phytopathogènes.

La comparaison entre les deux espèces étudiées montre que *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* possèdent toutes deux une activité antibactérienne notable contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp. Cependant, les extraits méthanoliques des fruits matures de *P. lentiscus* ont présenté la meilleure activité contre *Erwinia* sp. avec un diamètre d'inhibition important, tandis que les extraits méthanoliques des fruits non matures de *P. atlantica* ont montré une activité particulièrement élevée contre *Pseudomonas* sp.. Ces différences pourraient être attribuées à la variabilité qualitative et quantitative des métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes et les tanins, entre les deux espèces et les différents organes étudiés.

Les extraits méthanoliques ont généralement présenté une activité antibactérienne plus élevée que les extraits aqueux. Cette différence peut être expliquée par la capacité du méthanol à extraire une plus grande quantité de composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, reconnus pour leurs propriétés antibactériennes.

Toutefois, les différences observées restent limitées, ce qui témoigne d'une sensibilité globale comparable des deux bactéries aux extraits testés. Ces résultats mettent en évidence le potentiel antibactérien des organes fruits non mature et mature , qui apparaissent comme les plus prometteuses pour la lutte contre ces phytopathogènes.

IV.2. Activité antifongique :

IV.2.1. Activité antifongique de *P.lentiscus :*

IV.2.1.1. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 1 :

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne, ainsi qu'à l'effet antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia lentiscus*, étudiés à trois doses, sont présentés dans la figure IV.3. Après une incubation de 3, 5 et 7 jours à 27 °C, l'activité antifongique a été évaluée en mesurant la croissance mycélienne en comparaison avec le témoin, puis en calculant le pourcentage d'inhibition pour 7 jours (figure IV.4). Ces résultats concernent l'activité antifongique sur la croissance de *Fusarium* sp. 1.

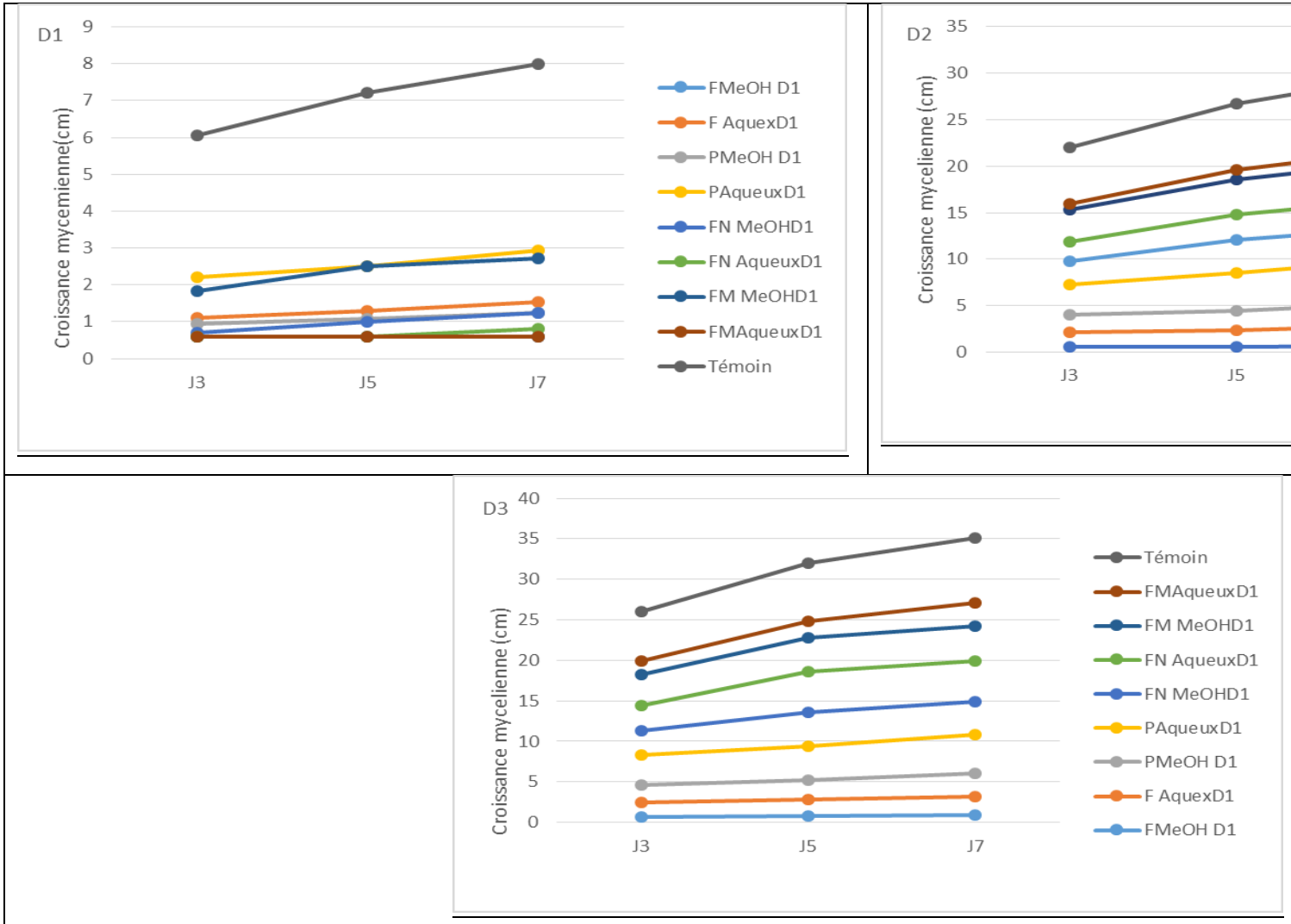


Figure IV.3 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1.

Les résultats de la croissance mycélienne montrent que tous les extraits de *Pistacia lentiscus* ont réduit le développement *de Fusarium* sp. 1 par rapport au témoin, dont le diamètre mycélien a atteint 8 cm après 7 jours d'incubation. L'extrait méthanolique des feuilles (F MeOH) s'est distingué par la plus forte inhibition de la croissance, avec un diamètre mycélien très réduit à D1 durant toute la période d'incubation. Les extraits des pédoncules, des fruits non matures et des fruits matures ont également ralenti la croissance du champignon, mais avec une efficacité variable selon l'organe, le solvant d'extraction et la concentration. D'une manière générale, les extraits méthanoliques ont montré une meilleure capacité à inhiber la croissance mycélienne que les extraits aqueux.

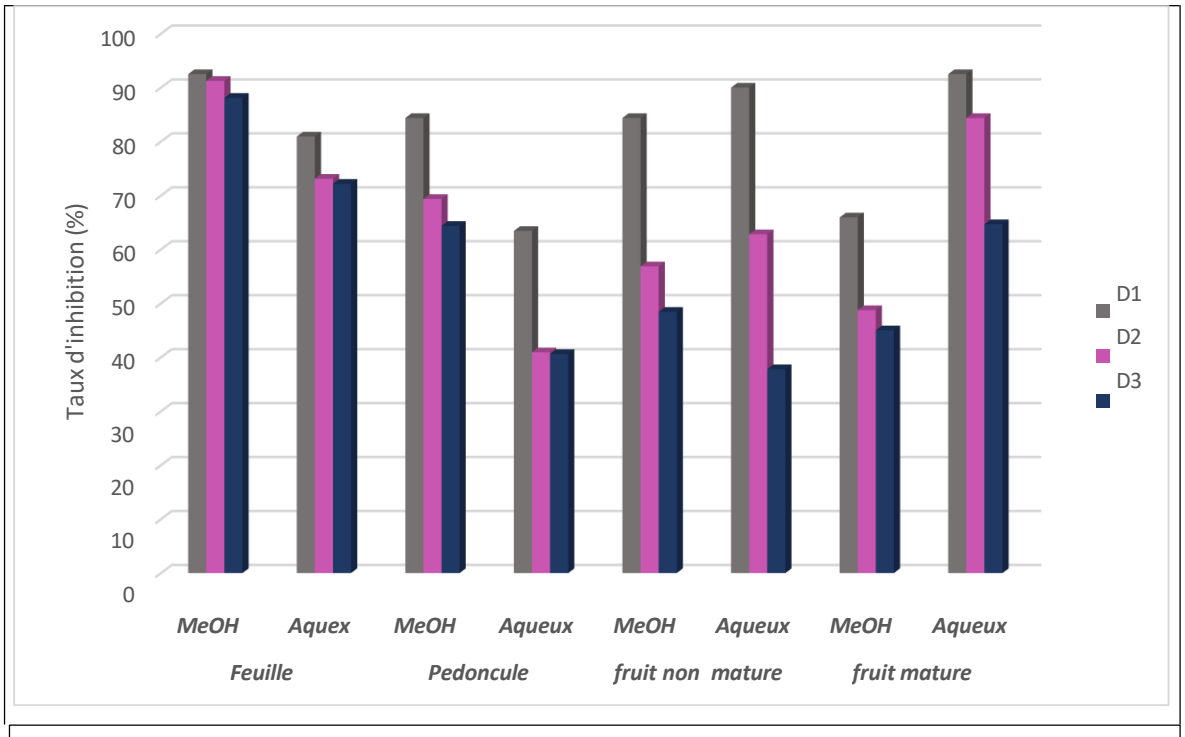


Figure IV.4 :Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*.

Les taux d'inhibition calculés confirment l'activité antifongique des extraits de *P. lentiscus*. L'extrait méthanolique des feuilles a présenté les valeurs les plus élevées aux concentrations D1, D2 et D3, respectivement. Les extraits méthanoliques des pédoncules ont enregistré des inhibitions comprises entre importantes, tandis que ceux des fruits non matures ont également montré une activité antifongique importante. Les extraits aqueux ont montré

des résultats plus variables, avec une forte inhibition observée pour les fruits non matures à D1, suivie d'une diminution progressive aux concentrations plus faibles. Globalement, les taux d'inhibition diminuent avec la dilution des extraits, traduisant un effet dose-dépendant. Ces résultats suggèrent que les feuilles, notamment sous forme d'extrait méthanolique, constituent l'organe le plus actif contre *Fusarium* sp. 1.

IV.2.1.2. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 2 :

Les résultats obtenus concernant la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 et l'activité antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia lentiscus*, appliqués à trois doses différentes, sont illustrés dans la figure IV.5. L'évaluation de l'effet antifongique a été réalisée après 3, 5 et 7 jours d'incubation à 27 °C, en mesurant le diamètre de croissance du mycélium par rapport au témoin. Le pourcentage d'inhibition a ensuite été déterminé au 7^{e} jour d'incubation et est présenté dans la figure IV.6. Ces résultats permettent d'apprécier l'efficacité des différents extraits vis-à-vis de la croissance de *Fusarium* sp. 2.

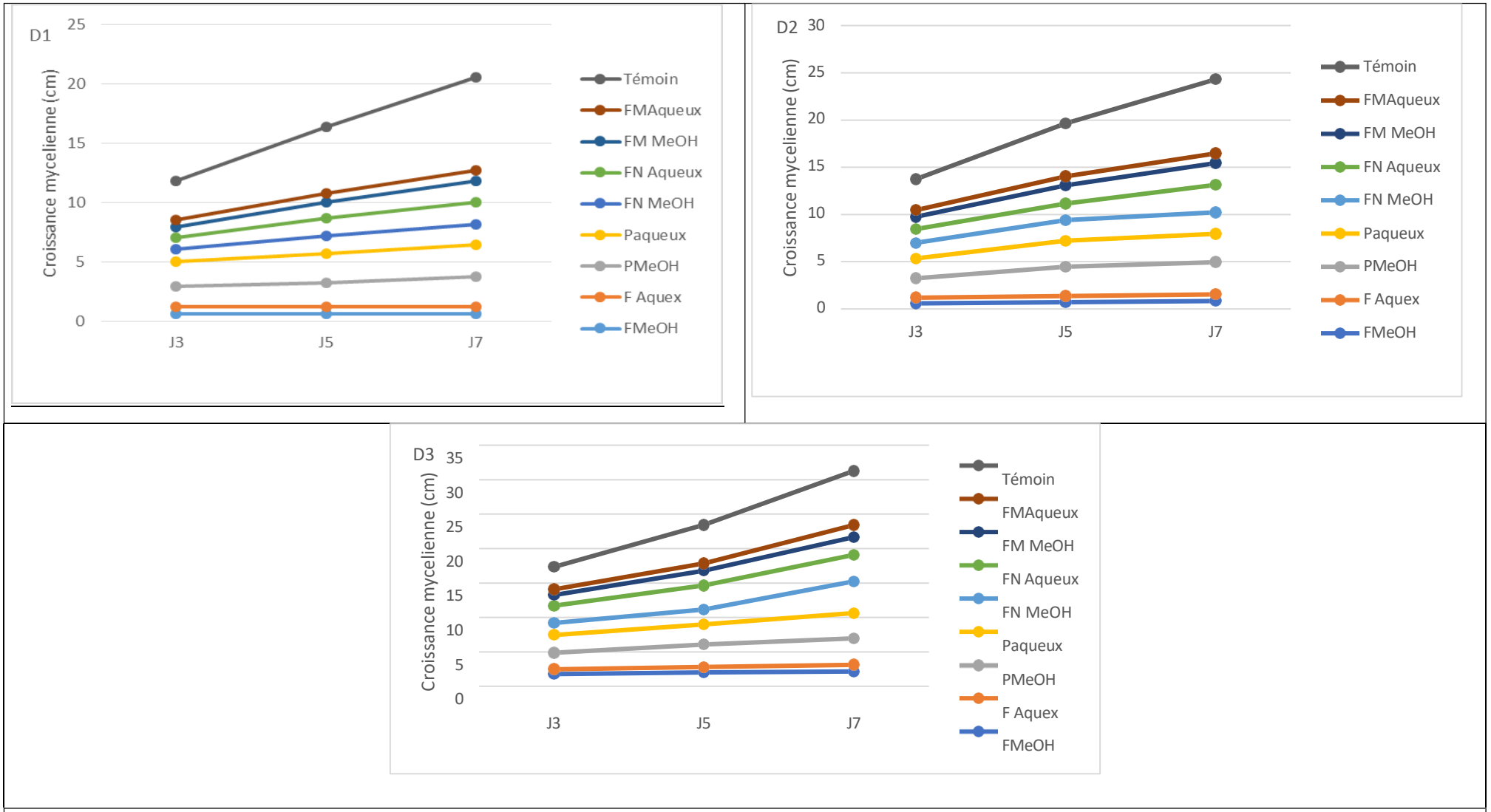


Figure IV.5 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes *de Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.2.

Les résultats montrent que tous les extraits de *Pistacia lentiscus* ont réduit la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 par rapport au témoin. Les extraits foliaires ont présenté l'activité la plus importante, notamment les extraits méthanolique et aqueux à D1, où la croissance est restée très limitée durant toute la période d'observation. Les extraits des fruits matures ont également montré une bonne efficacité, suivis des fruits immatures, tandis que les extraits du pédoncule ont été les moins actifs. Une augmentation progressive de la croissance mycélienne a été observée de D1 à D3, traduisant une diminution de l'efficacité antifongique avec la baisse de la concentration.

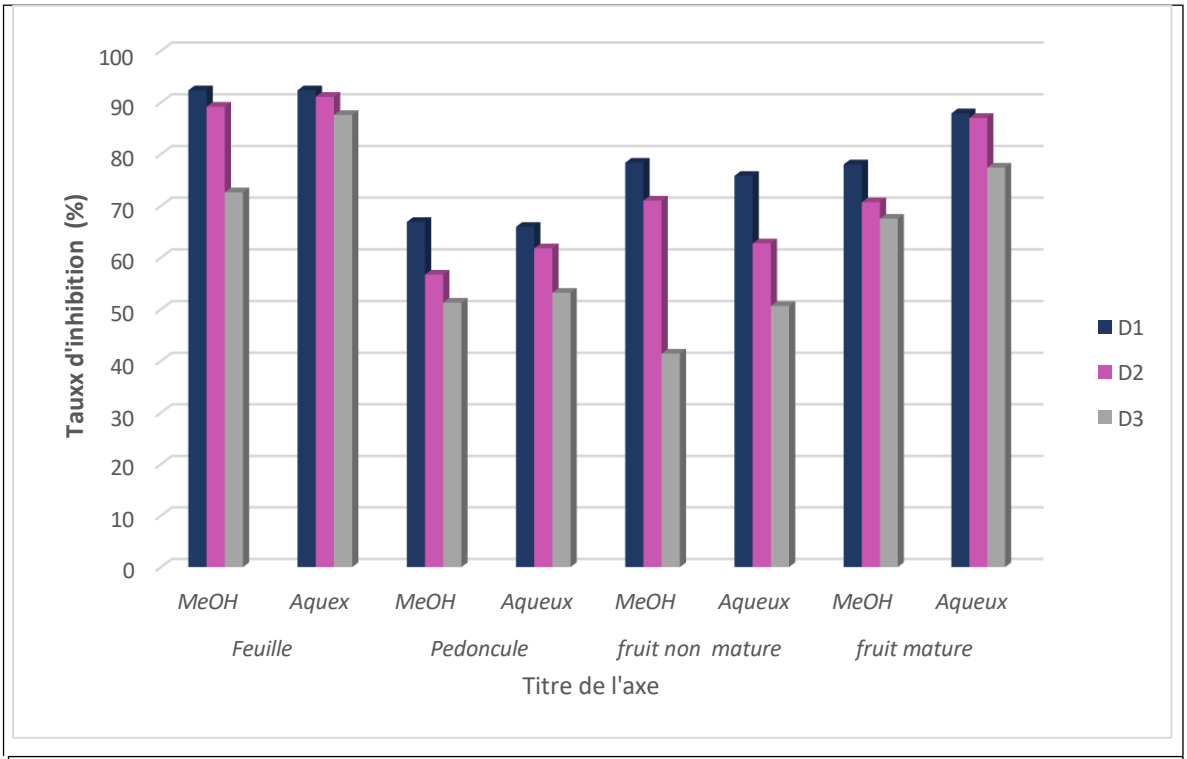


Figure IV.6 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*.

Les taux d'inhibition confirment l'activité antifongique des extraits étudiés. Les extraits foliaires ont enregistré les valeurs les plus élevées à D1 pour les extraits méthanolique et aqueux. Les extraits des fruits matures ont également montré une forte inhibition, particulièrement l'extrait aqueux à D1. Les fruits immatures ont présenté une activité intermédiaire, tandis que les extraits du pédoncule ont affiché les valeurs les plus faibles. Globalement, les taux d'inhibition diminuent de D1 à D3, mettant en évidence un effet dose-dépendant de l'activité antifongique.

III.2.1.3.Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 1 :

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne ainsi qu'à l'activité antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia lentiscus*, évalués à trois doses différentes, sont présentés dans la figure IV.7. Après une incubation de 3, 5 et 7 jours à 27 °C, l'effet antifongique a été déterminé en mesurant la croissance mycélienne du champignon par rapport au témoin. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a ensuite été calculé au 7e jour d'incubation et les résultats sont illustrés dans la figure IV.8. Ces données permettent d'apprécier l'efficacité des différents extraits vis-à-vis de la croissance *d'Aspergillus* sp. 1.

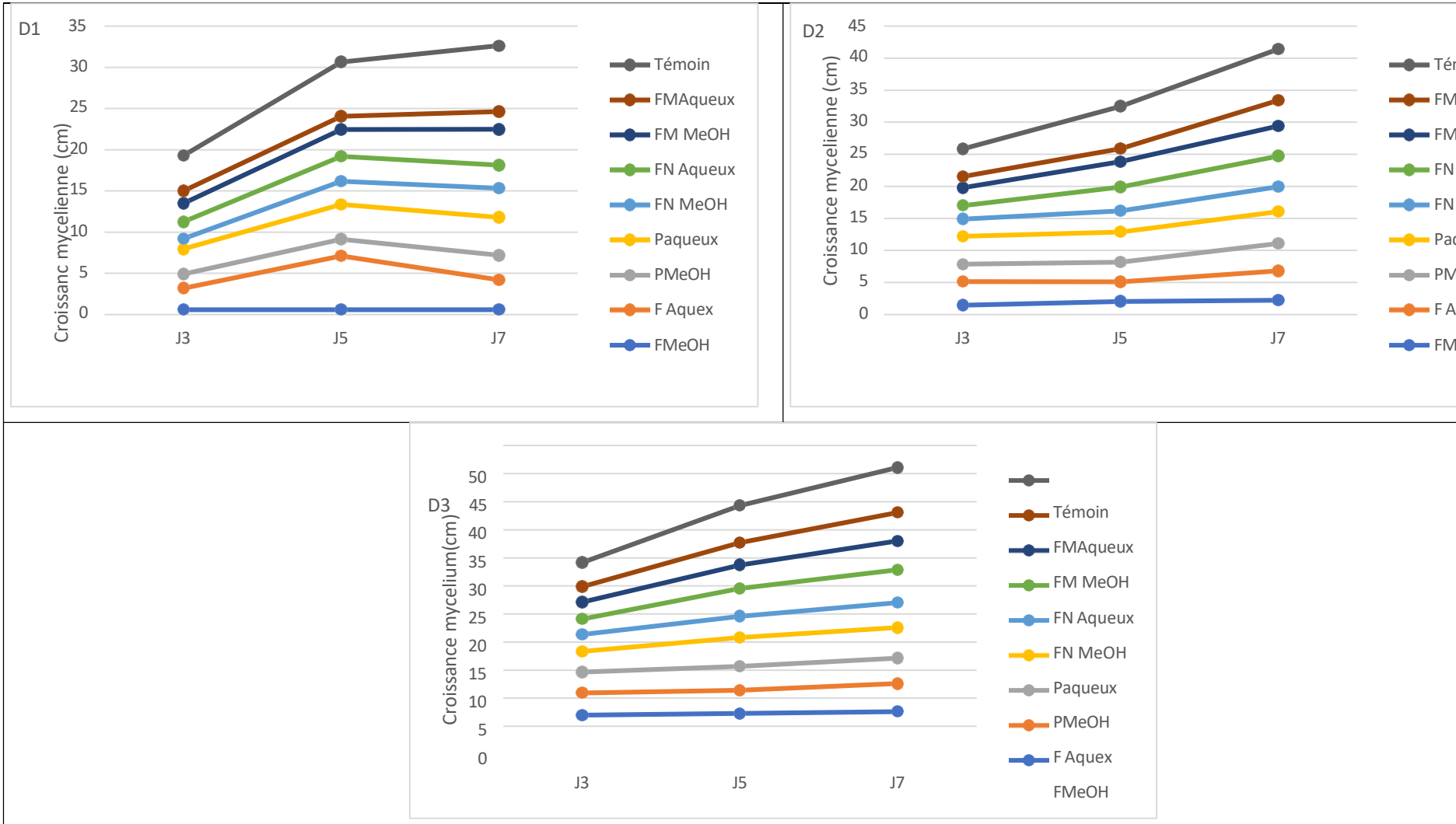


Figure IV.7 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 1.

Les résultats montrent que les extraits de *Pistacia lentiscus* exercent une activité antifongique sur *Aspergillus* sp. 1, avec une inhibition variable selon l'organe, le solvant et la dose. Globalement, la croissance mycélienne reste toujours inférieure à celle du témoin. Les extraits foliaires sont les plus actifs, en particulier l'extrait méthanolique de feuille à D1, où la croissance est fortement réduite. Les extraits des fruits immatures et matures présentent une activité intermédiaire, tandis que ceux du pédoncule sont les moins efficaces. On observe aussi une diminution de l'efficacité lorsque l'on passe de D1 à D3, ce qui traduit un effet dose-dépendant.

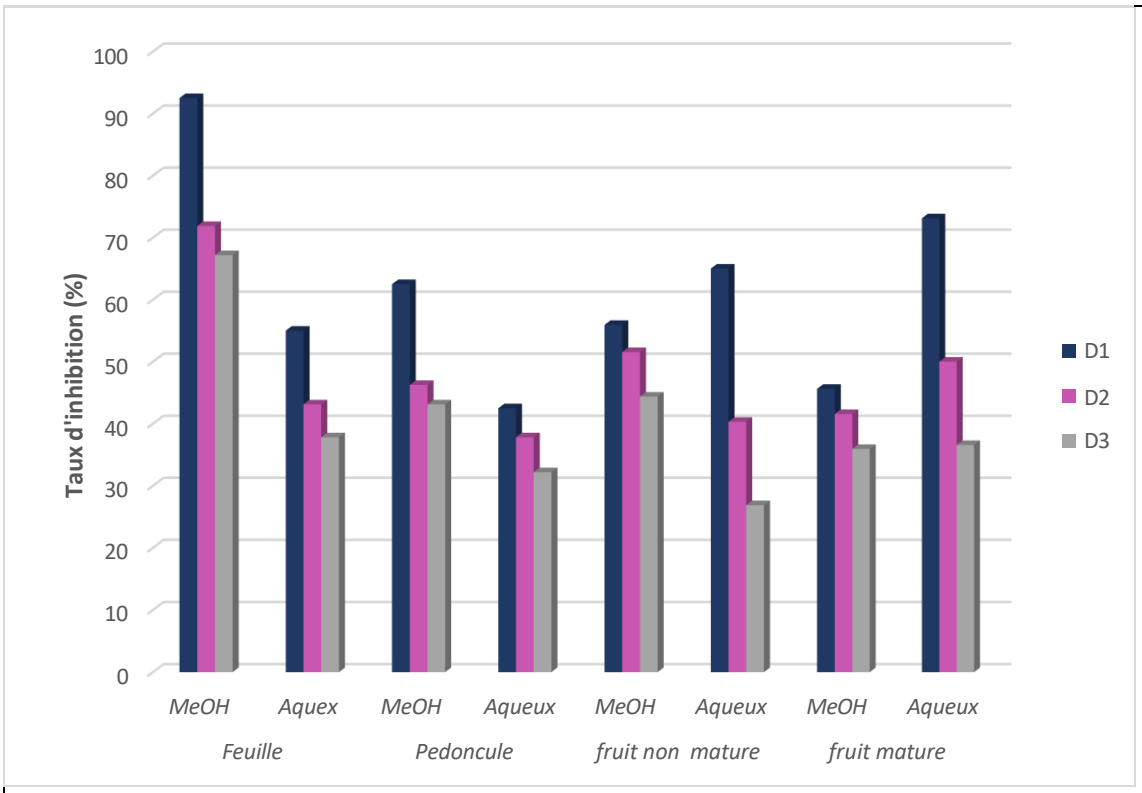


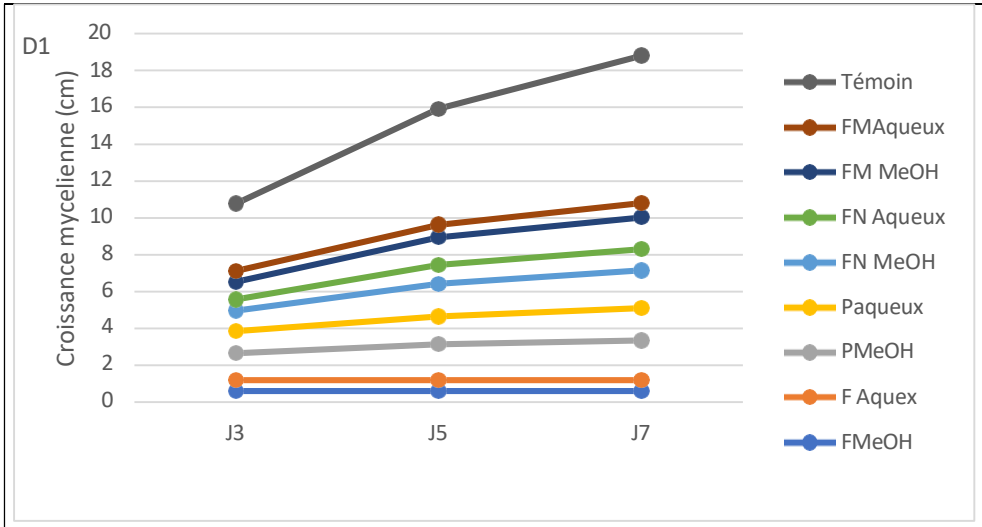
Figure IV.8 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*.

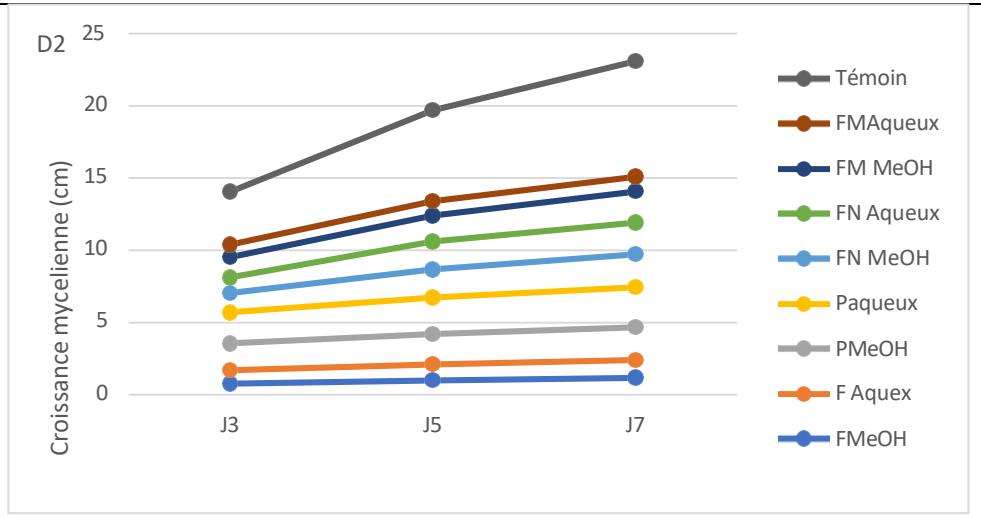
Les taux d'inhibition confirment cette tendance. Les feuilles présentent les valeurs les plus élevées pour l'extrait méthanolique à D1. Les fruits matures et non matures montrent une inhibition modérée à importante, alors que le pédoncule affiche les valeurs les plus faibles. À D3, tous les extraits perdent en efficacité,

ce qui confirme que l'activité antifongique est plus marquée aux concentrations les plus élevées. L'ensemble des résultats indique que *Pistacia lentiscus* possède un potentiel antifongique intéressant contre *Aspergillus* sp. 1, surtout au niveau des feuilles et, dans une moindre mesure, des fruits.

IV.2.1.4. Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp.2 *:*

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne et à l'activité antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia lentiscus*, testés à trois doses différentes, sont présentés dans la figure IV.9. Après des périodes d'incubation de 3, 5 et 7 jours à 27 °C, l'effet antifongique a été évalué en mesurant la croissance mycélienne du champignon par rapport au témoin. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a ensuite été calculé au 7^{e} jour d'incubation et est illustré dans la figure IV.10. Ces résultats mettent en évidence l'efficacité des différents extraits vis-à-vis de la croissance *d'Aspergillus* sp. 2.





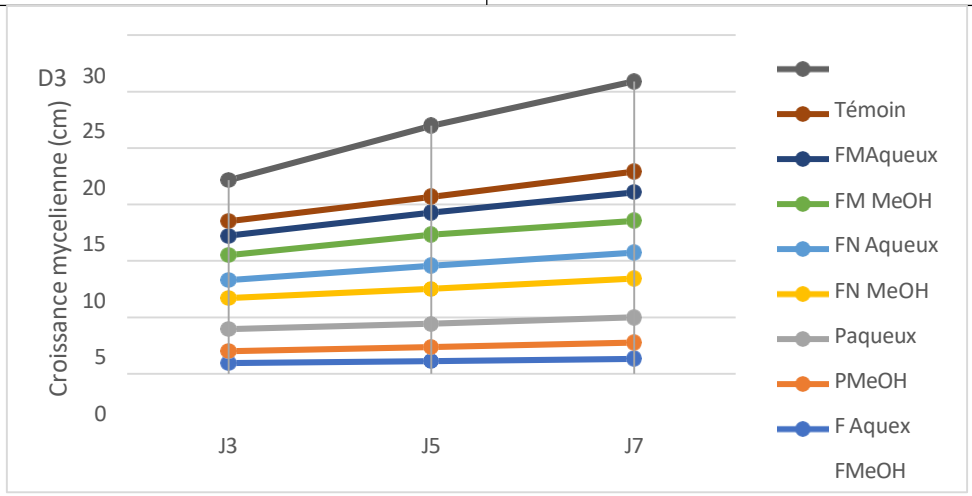


Figure IV.9 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus* sur la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 2.

Les résultats obtenus montrent que les extraits de *Pistacia lentiscus* possèdent une activité antifongique importante vis-à-vis d'*Aspergillus* sp. 2. La croissance mycélienne est fortement réduite pour l'ensemble des traitements, avec des différences liées à l'organe végétal, au solvant d'extraction et à la concentration. Les extraits foliaires, aussi bien méthanoliques qu'aqueux, se distinguent par leur forte efficacité, enregistrant les plus faibles diamètres mycéliens durant toute la période d'incubation. Les extraits des fruits matures ont également montré une bonne activité inhibitrice, notamment l'extrait aqueux, tandis que les extraits des fruits immatures et du pédoncule présentent une efficacité plus modérée. Par ailleurs, une augmentation progressive de la croissance mycélienne est observée lorsque la concentration diminue de D1 à D3, traduisant un effet dose-dépendant de l'activité antifongique.

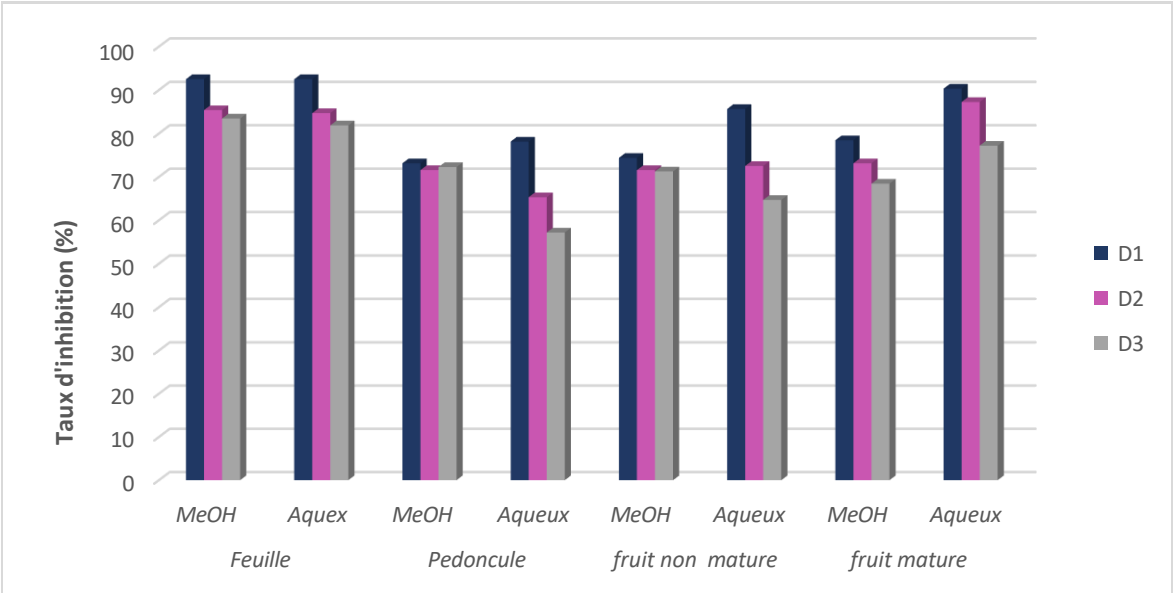


Figure IV.10 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia lentiscus*.

Les taux d'inhibition confirment la forte sensibilité d'*Aspergillus* sp. 2 aux extraits de *P. lentiscus*. Les valeurs les plus élevées sont obtenues avec les extraits foliaires méthanolique et aqueux à D1. Les extraits aqueux des fruits matures présentent également une activité remarquable à D1. Les extraits des fruits immatures et du pédoncule affichent une activité antifongique modérée à élever. De manière générale, les taux d'inhibition diminuent légèrement

de D1 à D3 pour l'ensemble des extraits, ce qui met en évidence l'influence de la concentration sur l'efficacité antifongique. Ces résultats indiquent que les feuilles et les fruits matures constituent les organes les plus prometteurs pour la lutte contre *Aspergillus* sp. 2 grâce à leur richesse probable en composés bioactifs antifongiques.

IV.2.2. Activité antifongique de *P.atlantica :*

IV.2.2.1. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium sp. 1* :

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne, ainsi qu'à l'effet antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia atlantica* étudiés à trois doses, sont présentés dans la figure IV.11. Après une incubation de 3, 5 et 7 jours à 27 °C, l'activité antifongique a été évaluée en mesurant la croissance mycélienne en comparaison avec le témoin, puis en calculant le pourcentage d'inhibition pour 7 jours (figure IV.12). Ces résultats concernent l'activité antifongique sur la croissance de *Fusarium* sp. 1.

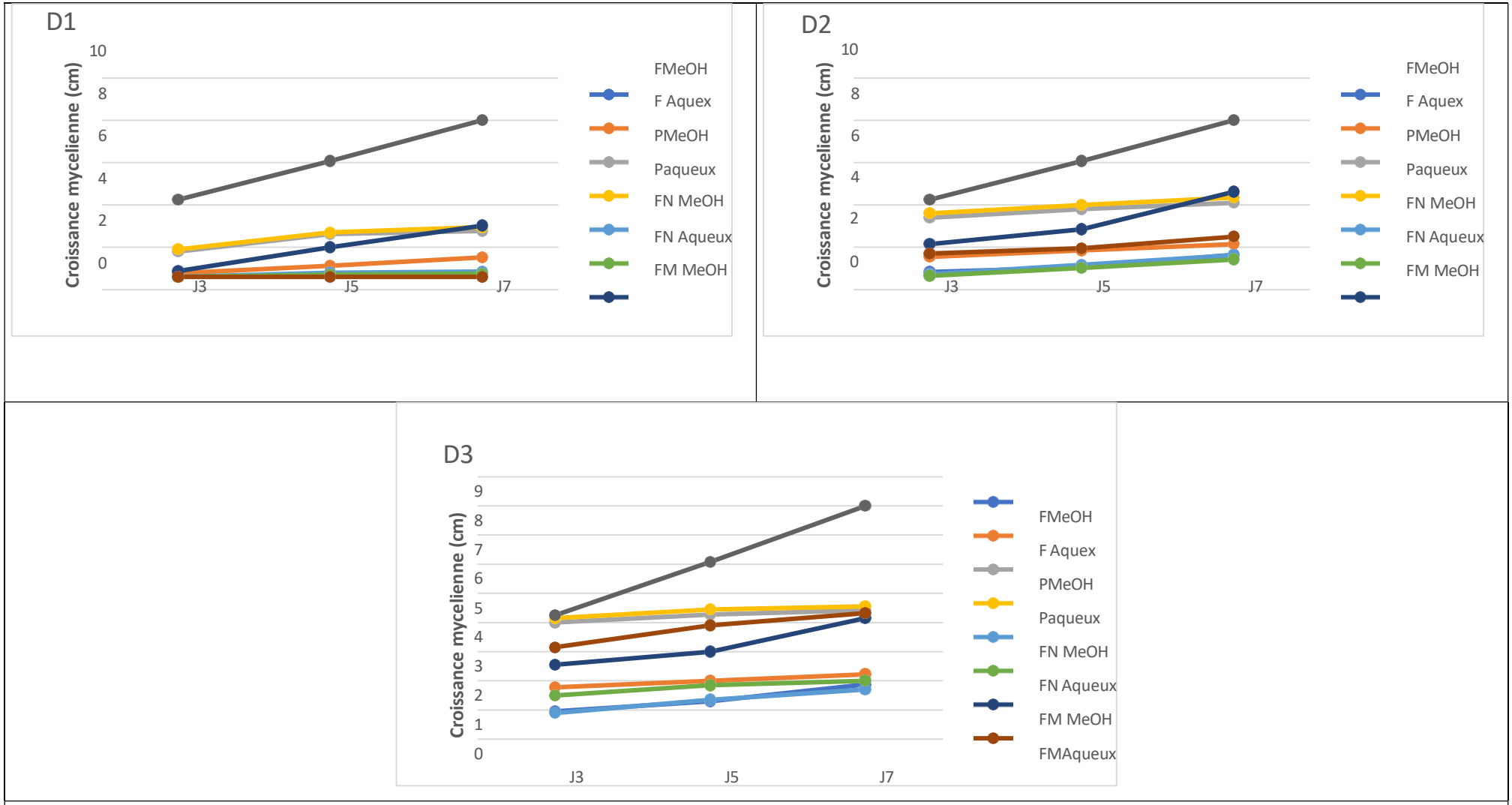


Figure IV.11 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.1.

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1 montrent que tous les extraits de *Pistacia atlantica* ont réduit le développement du champignon par rapport au témoin. Toutefois, l'intensité de cette inhibition varie selon l'organe végétal, le type d'extrait et la dilution utilisée. Les plus faibles croissances mycéliennes ont été observées avec les extraits méthanolique et aqueux des feuilles ainsi qu'avec les extraits des fruits non mûrs, particulièrement à la dilution D1, où les diamètres de croissance sont restés inférieurs à 1 cm après 7 jours d'incubation. En revanche, les extraits de pédoncule et de fruits mûrs ont montré une efficacité plus faible, avec des diamètres mycéliens plus élevés, notamment aux dilutions D2 et D3. Par ailleurs, une augmentation progressive de la croissance mycélienne a été observée lorsque la dilution augmentait de D1 à D3, traduisant une diminution de l'efficacité antifongique avec la baisse de concentration. Cette évolution suggère une relation dose-effet entre la concentration des extraits et leur pouvoir inhibiteur.

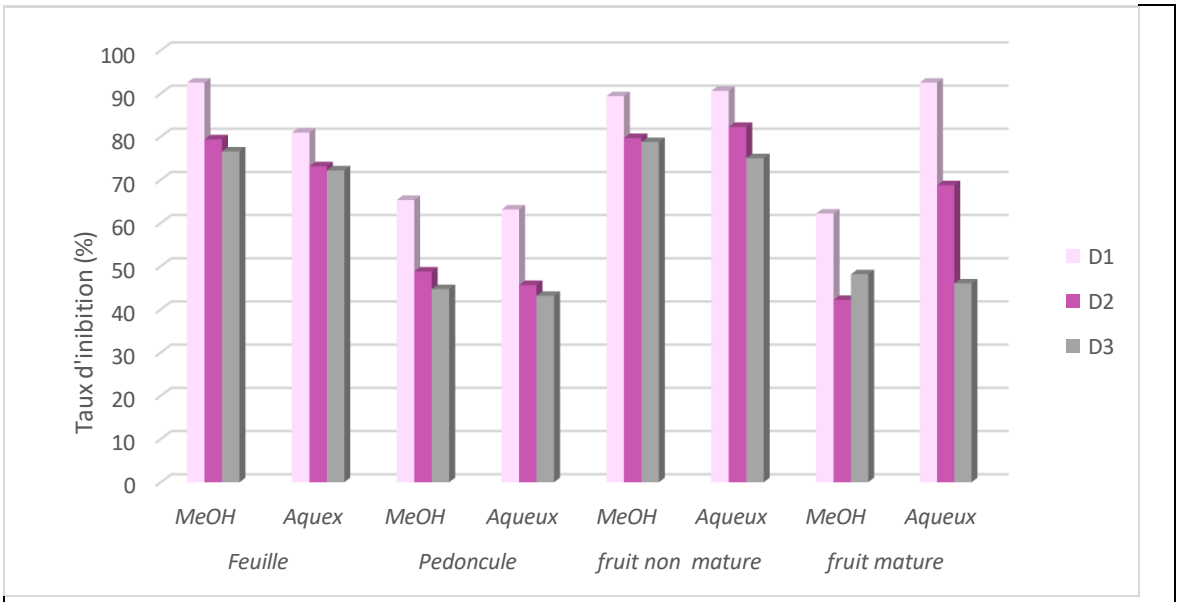


Figure IV.12 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica.*

L'évaluation du taux d'inhibition confirme les observations obtenues pour la croissance mycélienne. Les extraits de feuilles ont présenté les meilleures activités antifongiques pour les extraits méthanolique et aqueux à la dilution D1. Les extraits des fruits non mûrs ont également montré une forte activité pour les extraits méthanolique et aqueux.

En revanche, les extraits de pédoncule et de fruits mûrs ont affiché des pourcentages d'inhibition plus faibles, particulièrement aux dilutions D2 et D3. D'une manière générale, le taux d'inhibition diminue avec l'augmentation de la dilution, passant des valeurs les plus élevées à D1 aux valeurs les plus faibles à D3. Cette diminution confirme le caractère dose-dépendant de l'activité antifongique des extraits de *P. atlantica*. Les différences observées entre les organes végétaux pourraient être attribuées à une répartition inégale des métabolites secondaires bioactifs, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les terpènes, connus pour leurs propriétés antifongiques et leur capacité à perturber la croissance et le métabolisme des champignons phytopathogènes.

IV.2.2.2. Activité antifongique vis-à-vis *Fusarium* sp. 2 :

Les résultats obtenus concernant la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 et l'activité antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia atlantica*, appliqués à trois doses différentes, sont illustrés dans la figure IV.13. L'évaluation de l'effet antifongique a été réalisée après 3, 5 et 7 jours d'incubation à 27 °C, en mesurant le diamètre de croissance du mycélium par rapport au témoin. Le pourcentage d'inhibition a ensuite été déterminé au 7^{e} jour d'incubation et est présenté dans la figure IV.14. Ces résultats permettent d'apprécier l'efficacité des différents extraits vis-à-vis de la croissance de *Fusarium* sp. 2.

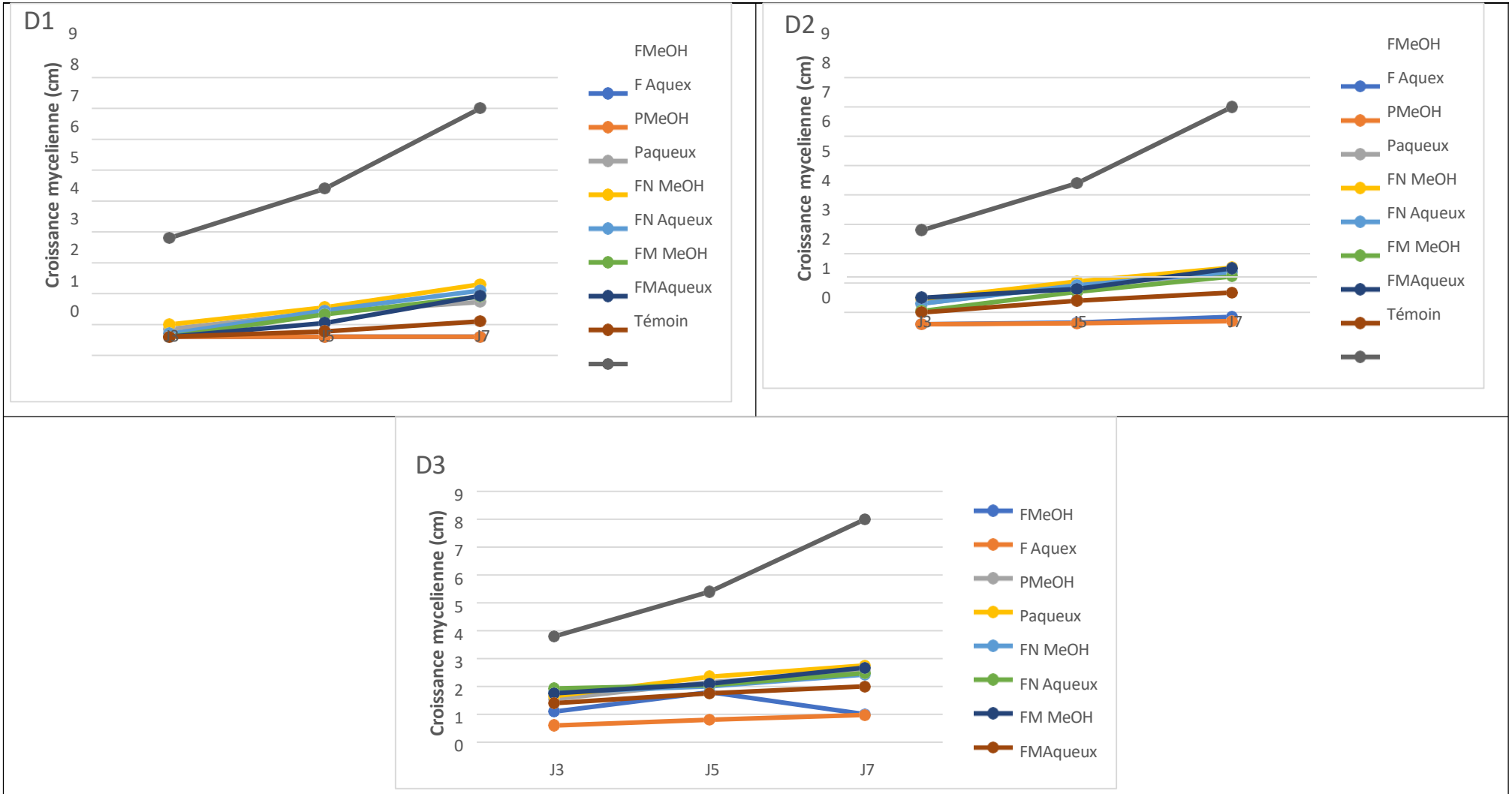


Figure IV.13: Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2.

Les résultats obtenus montrent que les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* exercent une activité antifongique importante vis-à-vis de *Fusarium* sp. 2. La croissance mycélienne du champignon a augmenté progressivement au cours de l'incubation, mais elle est demeurée nettement inférieure à celle du témoin, après 7 jours. Les extraits de feuilles se sont révélés les plus efficaces, en particulier aux dilutions D1 et D2, où la croissance mycélienne est restée très faible après 7 jours d'incubation pour l'extrait méthanolique et aqueux à D2. Les extraits de pédoncule, de fruits non mûrs et de fruits mûrs ont également limité la croissance du champignon, mais avec une efficacité plus faible. Les diamètres mycéliens les plus élevés ont été observés avec les extraits de pédoncule, notamment l'extrait aqueux à D3 après 7 jours. D'une manière générale, l'augmentation de la dilution de D1 à D3 s'est accompagnée d'une augmentation de la croissance mycélienne, traduisant une diminution progressive de l'activité antifongique des extraits. Ces résultats mettent en évidence un effet concentration-dépendant et suggèrent que les composés actifs présents dans *P. atlantica* agissent efficacement contre le développement de *Fusarium* sp. 2.

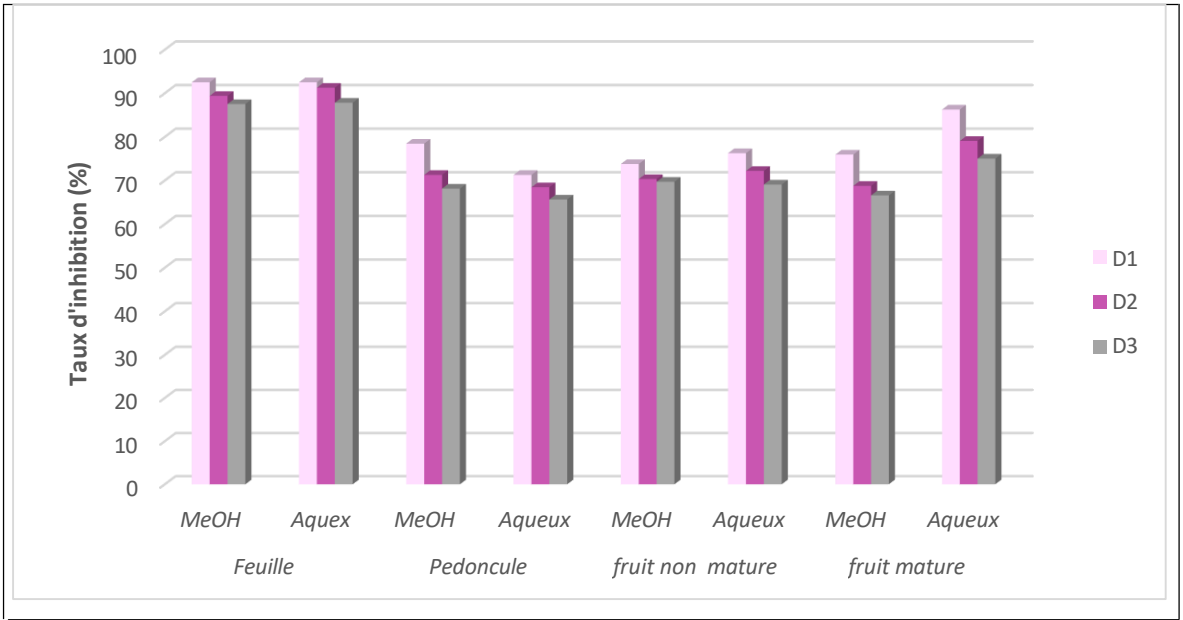


Figure IV.14 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. 2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica.*

Les taux d'inhibition calculés confirment l'efficacité antifongique des extraits de *Pistacia atlantica* vis-à-vis de *Fusarium* sp. 2. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées avec les extraits de feuilles pour les extraits méthanolique et aqueux à la dilution D1. Même aux dilutions plus faibles, ces extraits ont conservé une activité élevée.

Les extraits de fruits mûrs ont également montré une activité intéressante, particulièrement l'extrait aqueux à D1. Les extraits de pédoncule et de fruits non mûrs ont présenté des activités intermédiaires. Comme observé pour la croissance mycélienne, une diminution progressive du taux d'inhibition a été constatée lorsque la dilution augmentait de D1 à D3, ce qui confirme le caractère dose-dépendant de l'activité antifongique. Les fortes inhibitions observées, notamment avec les extraits de feuilles, pourraient être liées à leur richesse en métabolites secondaires bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins et les terpènes, reconnus pour leur capacité à altérer la membrane cellulaire, inhiber les enzymes essentielles et perturber le métabolisme des champignons phytopathogènes. Ces résultats soulignent ainsi le potentiel de *Pistacia atlantica* comme source naturelle d'agents antifongiques utilisables dans la lutte contre les maladies causées par les espèces de *Fusarium*.

IV.2.2.3. Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 1 :

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne ainsi qu'à l'activité antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia atlantica*, évalués à trois doses différentes, sont présentés dans la figure IV.15. Après une incubation de 3, 5 et 7 jours à 27 °C, l'effet antifongique a été déterminé en mesurant la croissance mycélienne du champignon par rapport au témoin. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a ensuite été calculé au 7^{e} jour d'incubation et les résultats sont illustrés dans la figure IV.16. Ces données permettent d'apprécier l'efficacité des différents extraits vis-à-vis de la croissance *d'Aspergillus* sp. 1.

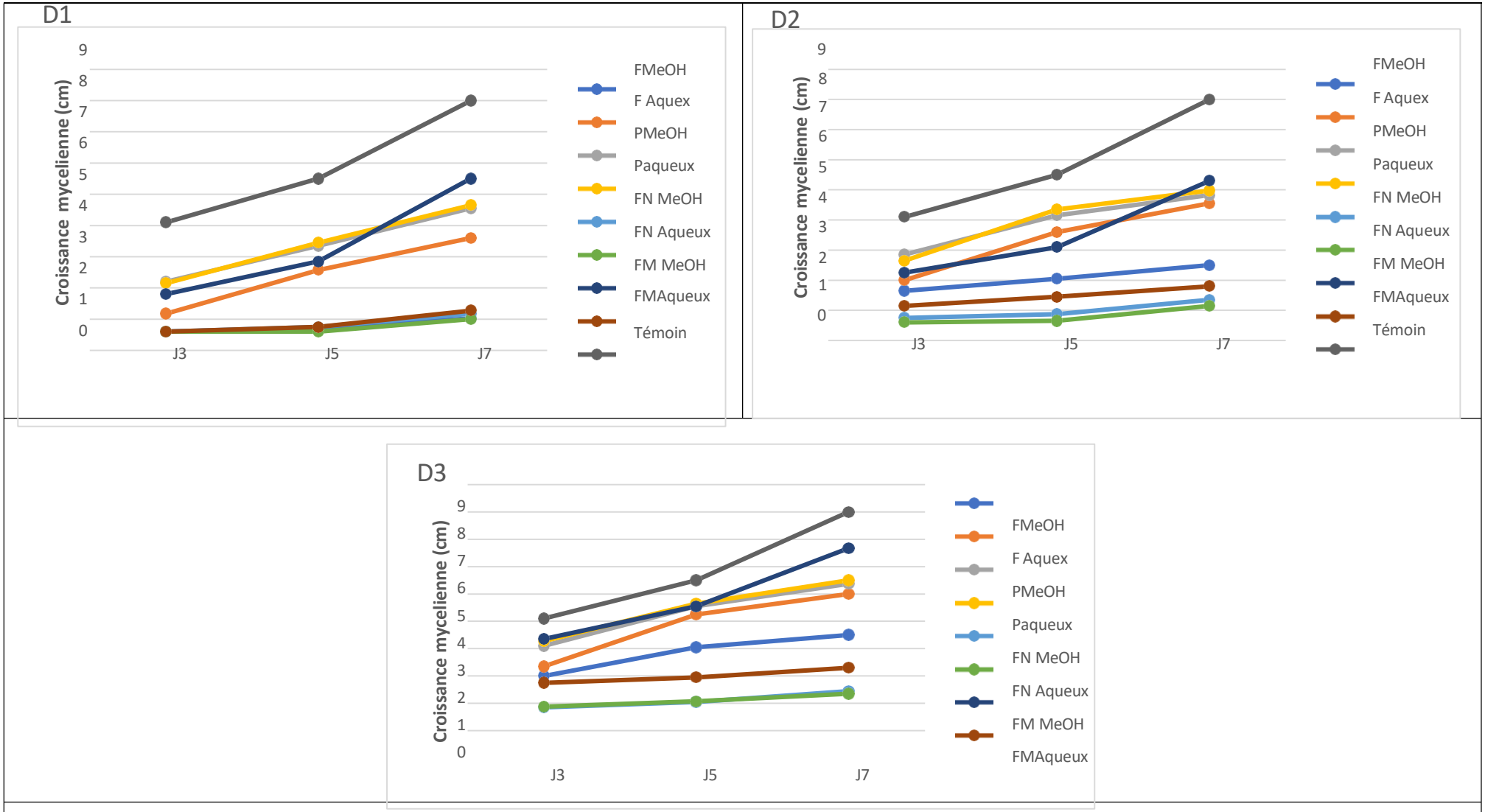


Figure IV.15 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 1.

Les résultats obtenus montrent que les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* présentent une activité antifongique variable vis-à-vis d'*Aspergillus* sp. 1. La croissance mycélienne a augmenté progressivement au cours de l'incubation pour l'ensemble des traitements, mais elle est restée inférieure à celle du témoin après 7 jours. Les extraits des fruits non mûrs se sont distingués par la meilleure activité antifongique, avec des diamètres mycéliens particulièrement faibles à toutes les dilutions testées. À 7 jours, les diamètres observés sont restés faibles pour l'extrait méthanolique et aqueux à D3, traduisant une forte limitation du développement fongique. Les extraits de feuilles ont également montré une activité importante, surtout l'extrait méthanolique à D1, où la croissance mycélienne est restée faible après 7 jours. En revanche, les extraits de pédoncule et de fruits mûrs se sont révélés moins efficaces, particulièrement aux dilutions D2 et D3. Par ailleurs, l'augmentation de la dilution de D1 à D3 a entraîné une augmentation progressive de la croissance mycélienne pour la plupart des extraits, indiquant une diminution de l'activité antifongique lorsque la concentration des extraits diminue. Ces résultats témoignent d'un effet dose-dépendant de l'action antifongique des extraits de *P. atlantica.*

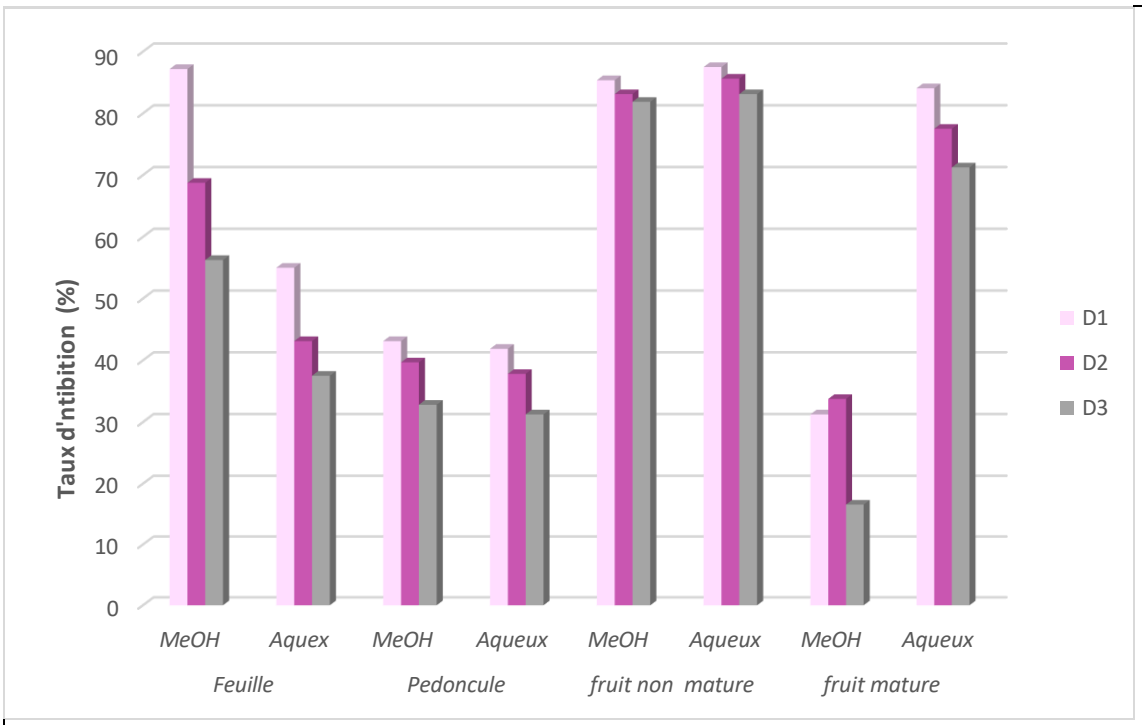


Figure IV.16 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 1 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica*.

L'analyse des taux d'inhibition confirme les différences observées au niveau de la croissance mycélienne. Les extraits des fruits non mûrs ont présenté les activités antifongiques les plus élevées, selon la dilution et le solvant utilisé. Les extraits aqueux de fruits non mûrs ont montré une efficacité légèrement supérieure à celle des extraits méthanoliques à la dilution D1. Les extraits méthanoliques de feuilles ont également présenté une activité importante à D1, tandis que l'extrait aqueux correspondant a montré une efficacité plus modérée. Les extraits de fruits mûrs ont affiché des résultats contrastés : l'extrait aqueux a conservé une activité élevée, alors que l'extrait méthanolique s'est révélé beaucoup moins actif, notamment à D3. Les extraits de pédoncule ont présenté les plus faibles pourcentages d'inhibition. D'une manière générale, les taux d'inhibition diminuent lorsque la dilution augmente, ce qui confirme le caractère concentration-dépendant de l'activité antifongique. Les performances élevées des extraits de fruits non mûrs et de feuilles pourraient être attribuées à leur richesse en métabolites secondaires bioactifs, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes et les tanins, reconnus pour leurs propriétés antifongiques et leur capacité à inhiber la croissance des champignons phytopathogènes. Ces résultats mettent en évidence le potentiel de *Pistacia atlantica* comme source de substances naturelles capables de contrôler le développement d'*Aspergillus* sp. 1.

III.2.2.4.Activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus* sp. 2 :

Les résultats relatifs à la croissance mycélienne et à l'activité antifongique des extraits méthanoliques et aqueux des quatre organes de *Pistacia atlantica*, testés à trois doses différentes, sont présentés dans la figure IV.17. Après des périodes d'incubation de 3, 5 et 7 jours à 27 °C, l'effet antifongique a été évalué en mesurant la croissance mycélienne du champignon par rapport au témoin. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a ensuite été calculé au 7e jour d'incubation et est illustré dans la figure IV.18. Ces résultats mettent en évidence l'efficacité des différents extraits vis-à-vis de la croissance *d'Aspergillus* sp. 2.

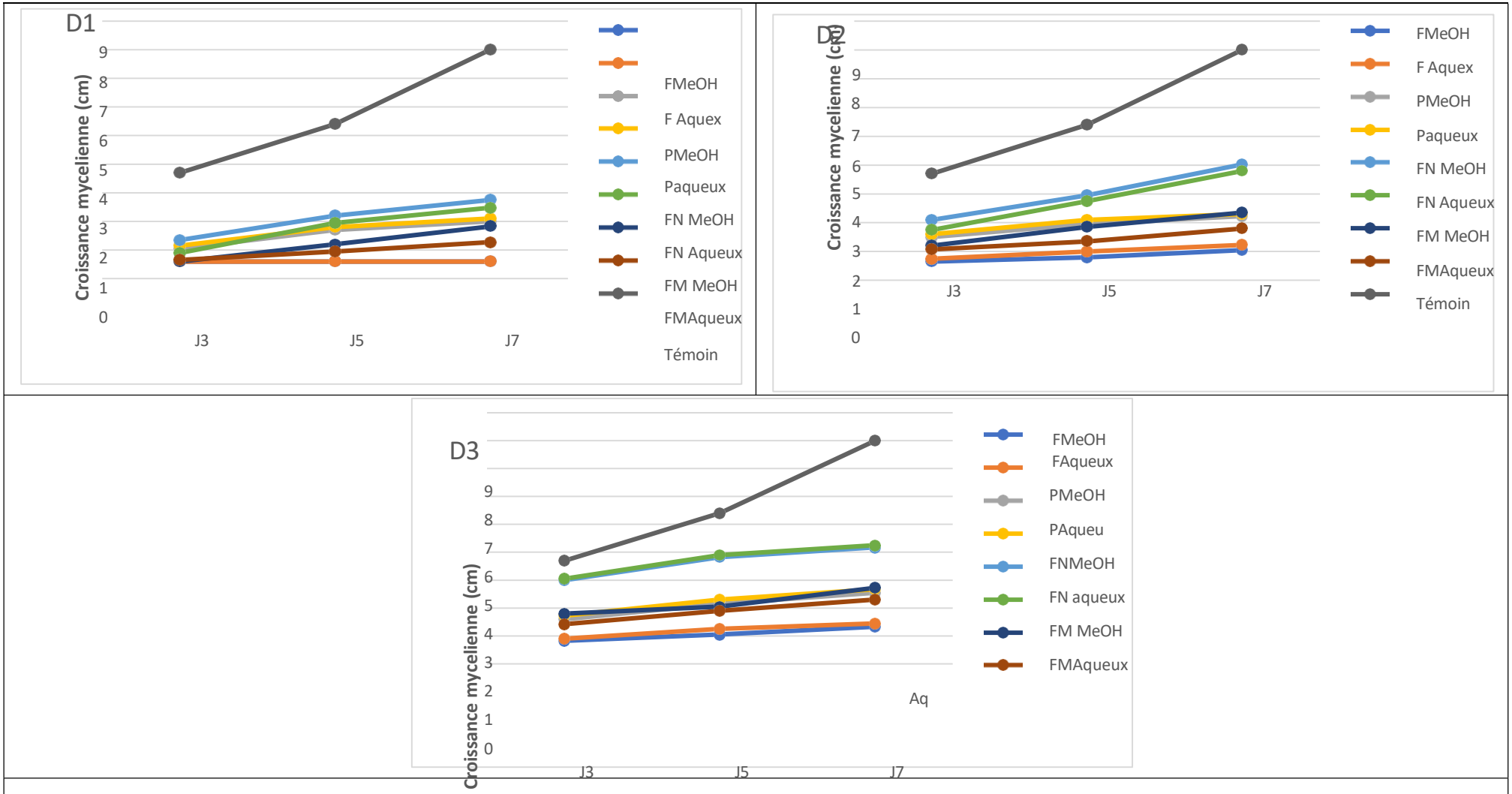


Figure IV.17 : Effet des extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* sur la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp. 2.

Les résultats obtenus montrent que les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica* possèdent une activité antifongique variable à l'égard d'*Aspergillus* sp. 2. La croissance mycélienne du champignon a augmenté progressivement au cours de l'incubation dans tous les traitements, mais elle est demeurée inférieure à celle du témoin, après 7 jours. Les extraits de feuilles se sont révélés les plus efficaces, en particulier à la dilution D1 où la croissance mycélienne est restée limitée durant toute la période d'incubation, traduisant une inhibition très marquée du développement fongique. Les extraits de fruits mûrs ont également montré une activité importante, notamment l'extrait aqueux, à 7 jours et à la dilution D1. Les extraits de pédoncule ont présenté une activité intermédiaire, tandis que les extraits de fruits non mûrs se sont avérés les moins efficaces, surtout aux dilutions D2 et D3, après 7 jours d'incubation. D'une manière générale, l'augmentation de la dilution de D1 à D3 s'est accompagnée d'une augmentation progressive de la croissance mycélienne, ce qui traduit une diminution de l'efficacité antifongique lorsque la concentration des extraits diminue. Ces observations mettent en évidence une relation dose-effet entre la concentration des extraits et leur capacité à inhiber le développement du champignon.

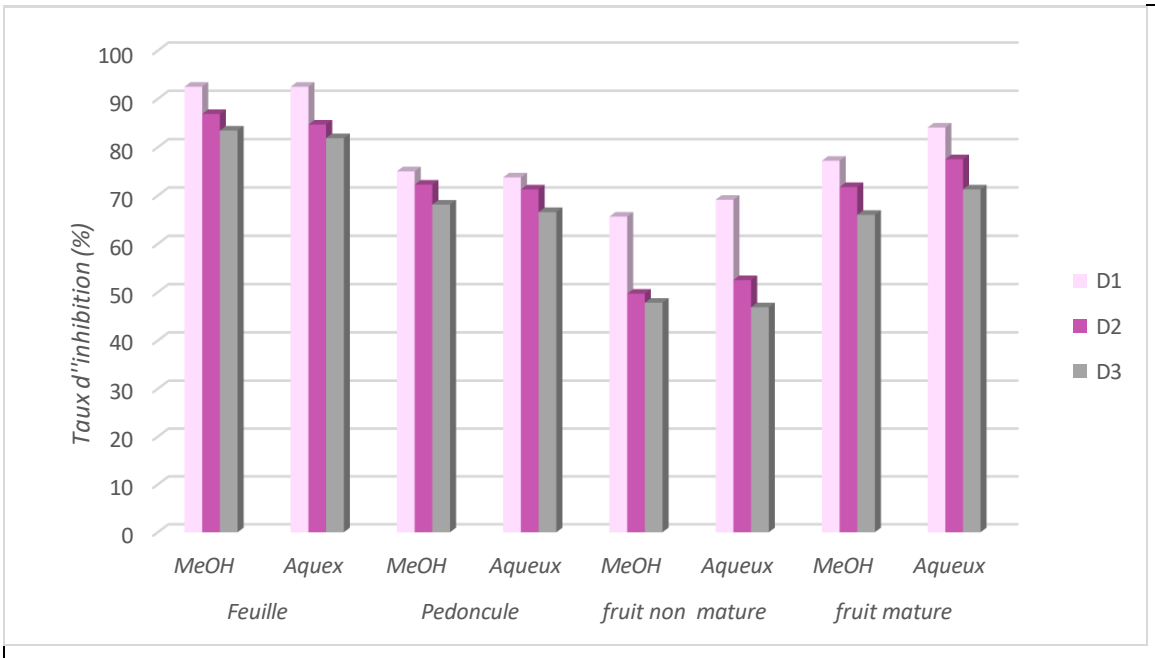


Figure IV.18 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Aspergillus* sp.2 par les extraits méthanoliques et aqueux des différents organes de *Pistacia atlantica*.

Les taux d'inhibition obtenus confirment l'activité antifongique des extraits de *Pistacia atlantica* vis-à-vis d'*Aspergillus* sp.2. Les extraits de feuilles ont présenté les pourcentages d'inhibition les plus élevés pour les extraits méthanolique et aqueux à la dilution D1. Même lorsque la dilution augmente, ces extraits conservent une activité importante avec des taux d'inhibition élevés. Les extraits de fruits mûrs ont également montré une efficacité notable, particulièrement l'extrait aqueux. Les extraits de pédoncule ont affiché des activités intermédiaires. En revanche, les extraits de fruits non mûrs ont présenté les plus faibles taux d'inhibition, notamment aux dilutions D2 et D3 où les valeurs sont inférieures. Comme pour la croissance mycélienne, une diminution progressive du taux d'inhibition est observée avec l'augmentation de la dilution, ce qui confirme le caractère concentration-dépendant de l'activité antifongique. Les fortes inhibitions enregistrées pour les extraits de feuilles et de fruits mûrs pourraient être liées à leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes, tanins et autres métabolites secondaires capables de perturber la croissance et le métabolisme des champignons. Ces résultats soulignent le potentiel antifongique de *Pistacia atlantica* contre *Aspergillus* sp. 2 et confirment l'intérêt de cette espèce comme source naturelle de substances bioactives pouvant être valorisées dans la lutte contre les champignons phytopathogènes.

❖ Discussion :

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré une activité antifongique importante des extraits de *Pistacia lentiscus* vis-à-vis de *Fusarium* sp. 1 et *Fusarium* sp. 2. Les extraits méthanoliques des feuilles ont présenté les taux d'inhibition les plus élevés à la concentration D1, ce qui indique une forte sensibilité de ces champignons aux composés bioactifs présents dans cet organe.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Belmokhtar et *al*. (2025),** qui ont mis en évidence une activité antifongique significative des extraits foliaires de *Pistacia lentiscus* contre *Fusarium* sp.. Les auteurs ont attribué cette activité à la richesse des feuilles en métabolites secondaires, notamment les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins, reconnus pour leurs propriétés antifongiques.

Les différences observées entre les deux études peuvent être expliquées par la nature des extraits utilisés, les méthodes expérimentales appliquées ainsi que les souches fongiques étudiées. En effet, **Belmokhtar et al. (2025)** ont évalué l'activité antifongique à travers la concentration minimale inhibitrice, tandis que notre étude s'est basée sur la mesure de la croissance mycélienne et du pourcentage d'inhibition. Malgré ces différences, les deux travaux confirment le potentiel antifongique remarquable de *Pistacia lentiscus* contre les espèces de *Fusarium.*

La forte activité observée au niveau des feuilles pourrait être liée à leur teneur élevée en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins. Ces molécules sont capables d'altérer la perméabilité de la membrane cellulaire fongique, d'inhiber certaines enzymes essentielles et de perturber le développement du mycélium. Par ailleurs, les extraits méthanoliques se sont révélés globalement plus actifs que les extraits aqueux, ce qui suggère une meilleure extraction des composés antifongiques par le méthanol.

De plus, la diminution progressive des taux d'inhibition de D1 à D3 met en évidence un effet dose-dépendant de l'activité antifongique. Cette observation indique que l'efficacité des extraits est directement liée à leur concentration en substances bioactives. L'ensemble de ces résultats confirme que *Pistacia lentiscus* constitue une source naturelle prometteuse de composés antifongiques pouvant être valorisés dans la lutte contre les champignons phytopathogènes du genre *Fusarium.*

Les résultats obtenus dans cette étude ont révélé une forte activité antifongique des extraits de *Pistacia lentiscus* contre *Fusarium* sp., notamment au niveau des extraits méthanoliques des feuilles qui ont présenté les pourcentages d'inhibition les plus élevés. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par une étude publiée dans SN Applied Sciences (2019), qui a mis en évidence une activité antifongique des extraits foliaires de *Pistacia lentiscus* contre *Fusarium* graminearum, avec une efficacité plus importante des extraits méthanoliques que des extraits aqueux.

Cette activité pourrait être attribuée à la richesse des feuilles en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, connus pour leurs propriétés antifongiques. Selon les auteurs, ces métabolites secondaires peuvent agir en perturbant l'intégrité de la membrane cellulaire fongique, en inhibant la synthèse des protéines et de l'ADN, ou encore en limitant le développement du mycélium.

La supériorité des extraits méthanoliques observée dans notre étude peut s'expliquer par la capacité du méthanol à extraire une quantité plus importante de molécules bioactives responsables de l'effet antifongique. Par ailleurs, la diminution progressive des taux d'inhibition avec l'augmentation de la dilution met en évidence un effet dose-dépendant, indiquant que l'activité antifongique est directement liée à la concentration des substances actives présentes dans les extraits. Ces observations confirment le potentiel de *Pistacia lentiscus* comme source naturelle de composés antifongiques pouvant être valorisés dans la lutte contre les champignons phytopathogènes du genre *Fusarium.*

Les résultats obtenus dans notre étude montrent une activité antifongique importante des extraits de *Pistacia atlantica* contre les isolats de *Fusarium.* Ces observations sont en accord avec celles rapportées par **Aichaoui et al. (2023),** qui ont mis en évidence une forte inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* oxysporum f. sp. albedinis par le goudron de *Pistacia atlantica.* Les auteurs ont enregistré des taux d'inhibition très élevés pouvant atteindre 99 % aux concentrations les plus importantes.

Par ailleurs, l'augmentation de l'activité antifongique avec la concentration observée dans notre étude est cohérente avec les résultats de ces auteurs, qui ont également montré une relation dose-dépendante entre la concentration de l'extrait et l'inhibition de la croissance fongique.

Les résultats obtenus dans notre étude sont en accord avec ceux rapportés par **Sifi et Touati-Hattab (2025),** qui ont mis en évidence une activité antifongique importante de l'huile essentielle de *Pistacia atlantica* contre *Fusarium* oxysporum *f.* sp. albedinis. Les auteurs ont montré que l'augmentation de la concentration de l'huile essentielle entraîne une augmentation du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne, traduisant un effet dose-dépendant.

Cette activité a été attribuée à la présence de composés terpéniques majeurs tels que l'α-pinène, le β-pinène, le myrcène et le limonène, connus pour leur capacité à altérer la membrane cellulaire des champignons, perturber leur métabolisme et inhiber leur croissance.

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré une activité antifongique importante des extraits de *Pistacia lentiscus* contre *Fusarium* sp.. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Salhi et *al*. (2019),** qui ont mis en évidence une inhibition de la croissance de *Fusarium* oxysporum albidinis par les extraits foliaires de *Pistacia lentiscus*. Les auteurs ont

observé une réduction significative de la croissance fongique en présence des extraits méthanoliques et éthanoliques.

Cette activité antifongique pourrait être attribuée à la richesse des feuilles en composés phénoliques, flavonoïdes et flavonols, connus pour leurs propriétés antifongiques. Ces métabolites secondaires peuvent perturber la croissance du mycélium et limiter le développement des champignons phytopathogènes.

Les résultats obtenus dans notre étude sont en accord avec ceux rapportés par **Al-Rimawi et *al.* (2022),** qui ont mis en évidence une activité antifongique importante de l'extrait éthanolique des feuilles de *Pistacia atlantica* contre *Aspergillus* niger, avec une zone d'inhibition importante.

Cette activité pourrait être attribuée à la richesse de *Pistacia atlantica* en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins, reconnus pour leurs propriétés antifongiques.

Les composés terpéniques tels que l'α-pinène, le limonène et le β-myrcène pourraient également contribuer à l'inhibition de la croissance fongique.

Les résultats obtenus dans notre étude sont en accord avec ceux rapportés par **Shialy et al. (2015),** qui ont mis en évidence une activité antifongique des extraits méthanoliques de *Pistacia atlantica* contre plusieurs espèces du genre *Aspergillus*, notamment *A*. niger, *A.* flavus et *A.* fumigatus. Les auteurs ont conclu que les extraits de *P. atlantica* possèdent un potentiel antifongique important et pourraient être utilisés comme source naturelle d'agents antifongiques.

Cette activité pourrait être attribuée à la présence de composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins, connus pour leur capacité à inhiber la croissance des champignons et à perturber leurs fonctions cellulaires.

Malgré les résultats prometteurs obtenus dans cette étude, certaines limites doivent être prises en considération. En effet, une différence notable a été observée entre les extraits aqueux et méthanoliques, ce qui pourrait être liée à la capacité d'extraction différente des composés bioactifs selon la polarité du solvant. Par ailleurs, des variations expérimentales peuvent influencer les résultats, notamment les conditions d'incubation, la précision des mesures ou encore la variabilité biologique des souches fongiques utilisées. De plus, l'étude s'est limitée à seulement trois concentrations (D1, D2 et D3), ce qui ne perm£et pas d'avoir une vision complète de la relation dose-effet. Ainsi, des investigations complémentaires avec

un plus grand nombre de concentrations et des répétitions expérimentales seraient nécessaires afin de confirmer et approfondir ces résultats.

Globalement, les résultats obtenus montrent que les extraits de *Pistacia* possèdent une activité antifongique intéressante. Les extraits méthanoliques, notamment ceux des feuilles, ont présenté la meilleure efficacité par rapport aux autres extraits testés. Cette activité pourrait être attribuée à leur richesse en composés bioactifs tels que les polyphénols et les flavonoïdes. Ces extraits présentent donc un potentiel intéressant pour des applications pratiques, notamment dans le domaine agricole, où ils pourraient être utilisés comme une alternative naturelle aux fongicides chimiques, contribuant ainsi à une approche plus écologique et durable. Cette étude met en évidence le potentiel des espèces de *Pistacia* comme source prometteuse d'agents antifongiques naturels.

L'activité antifongique observée dans cette étude pourrait être attribuée à la présence de plusieurs métabolites secondaires, notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins et les terpènes, connus pour leurs propriétés antifongiques. Ces composés agissent en perturbant la membrane cellulaire des champignons, en inhibant leur croissance et en limitant leur développement. Les différences observées entre les extraits et les différents organes végétaux pourraient être liées à la variation qualitative et quantitative de ces composés bioactifs, ainsi qu'à leur capacité d'extraction selon le solvant utilisé.

La comparaison entre les deux espèces de *Pistacia* montre que *P. lentiscus* et *P. atlantica* présentent toutes deux une activité antifongique intéressante, bien que son intensité varie selon l'organe végétal étudié, la souche fongique testée et la concentration appliquée. De même, les différences observées entre *Fusarium* sp. et *Aspergillus* sp. mettent en évidence une sensibilité variable aux différents extraits, ce qui pourrait être lié aux caractéristiques biologiques propres à chaque espèce fongique. Ces résultats confirment que l'activité antifongique dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature de l'extrait, l'organe végétal utilisé et le champignon ciblé.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus confirment le potentiel antifongique de *Pistacia lentiscus* et de *Pistacia atlantica* contre les champignons phytopathogènes étudiés. Ces extraits constituent une source prometteuse de molécules naturelles pouvant être valorisées dans des stratégies de lutte biologique. Toutefois, des études complémentaires, notamment l'identification des composés responsables de cette activité, la détermination des concentrations minimales inhibitrices et fongicides (CMI et CMF), ainsi que des essais in vivo, demeurent nécessaires afin de confirmer ces résultats et d'envisager une application pratique comme biofongicides naturels.

Conclusion et perspective

Conclusion générale

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer les activités antibactérienne et antifongique des extraits aqueux et méthanoliques de différentes parties de *Pistacia lentiscus* L. et *Pistacia atlantica* Desf. vis-à-vis de plusieurs microorganismes phytopathogènes, notamment *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Aspergillus* sp. et *Fusarium* sp.. Les résultats obtenus ont montré que les deux espèces étudiées possèdent un potentiel biologique important. Les extraits testés ont exercé des effets inhibiteurs variables selon l'espèce végétale, l'organe utilisé, le type de solvant d'extraction, la concentration appliquée ainsi que la souche microbienne étudiée. D'une manière générale, les extraits méthanoliques ont présenté les activités les plus élevées, traduisant une meilleure capacité du méthanol à extraire les composés bioactifs impliqués dans l'activité antimicrobienne. Concernant l'activité antibactérienne, les meilleurs résultats ont été enregistrés avec les fruits matures de *Pistacia lentiscus* et les fruits non matures de *Pistacia atlantica*, qui ont montré des diamètres d'inhibition importants contre *Erwinia* sp. et *Pseudomonas* sp.. Les résultats obtenus confirment l'existence d'un effet dose-dépendant, l'activité diminuant progressivement avec les dilutions successives des extraits. L'évaluation de l'activité antifongique a également révélé une sensibilité variable des souches fongiques aux différents extraits végétaux. Les effets observés suggèrent que les extraits de *Pistacia* sont capables de limiter la croissance des champignons phytopathogènes étudiés, renforçant ainsi leur intérêt dans la protection des cultures agricoles. L'ensemble de ces activités biologiques pourrait être attribué à la richesse des extraits en métabolites secondaires, notamment les polyphénols, flavonoïdes, tanins et composés terpéniques, reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes. Ces molécules agissent probablement par différents mécanismes, tels que l'altération des membranes cellulaires, l'inhibition des enzymes essentielles ou la perturbation des processus métaboliques des microorganismes.

En conclusion, les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel de *Pistacia lentiscus* et de *Pistacia atlantica* comme sources naturelles de substances à activité antibactérienne et antifongique contre les agents phytopathogènes étudiés. Ces résultats constituent une base scientifique encourageante pour la valorisation de ces espèces dans le développement de solutions alternatives aux pesticides chimiques. Toutefois, des investigations complémentaires, notamment l'identification des composés bioactifs responsables de ces activités, la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et des concentrations minimales bactéricides et fongicides (CMB/CMF), ainsi que des essais en conditions de serre et de plein champ, restent indispensables afin de confirmer leur efficacité et de favoriser leur intégration dans des stratégies de protection durable des cultures.

Perspectives

Les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence le potentiel des extraits de *Pistacia lentiscus* et de *Pistacia atlantica* comme source de molécules naturelles à activité antifongique et antibactérienne contre certains agents phytopathogènes. Toutefois, plusieurs perspectives méritent d'être envisagées afin de compléter ces travaux :

- Identifier les composés bioactifs responsables des activités biologiques observées par des analyses phytochimiques approfondies (HPLC, GC-MS).

- Évaluer l'activité des extraits sur un plus grand nombre de bactéries et de champignons phytopathogènes.

- Déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et les concentrations minimales bactéricides ou fongicides (CMB/CMF) des extraits les plus actifs.

- Réaliser des essais en serre puis en plein champ afin de confirmer l'efficacité des extraits dans des conditions réelles d'utilisation.

- Étudier la toxicité et l'innocuité des extraits vis-à-vis des plantes cultivées, des organismes non ciblés et de l'environnement.

- Développer des biofongicides et des bioantibactériens à base de *Pistacia lentiscus* et de *Pistacia atlantica* afin de contribuer à une agriculture durable et de réduire l'utilisation des pesticides chimiques.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

1. **Abd El-Hamied, S. A., Eid, N. A., & Abdalla, F. M. (2025).** Effect of plant extracts and bacteria on productivity, quality, and control of fire blight of pear. Egyptian Journal of Desert Research, 75(1), 111–134. https://journals.ekb.eg/
2. **Aichaoui, F., Benlarbi, L., & Makhloufi, A. (2023).** Antifungal activity of the *Pistacia atlantica* tar against *Fusarium* oxysporum *f.* sp. albedinis, the cause of the bayoud of the date palm in Southwest Algeria. Advances in Biology & Earth Sciences, 8(1), 75–82. Jomard Publishing (article PDF)
3. **Aissat, A. K., Chaher-Bazizi, N., Richard, T., Kilani-Atmani, D., Pedrot, E., Atmani, D., & Valls-Fonayet, J. (2022).** Analysis of individual anthocyanins, flavanols, flavonols and other polyphenols in *Pistacia lentiscus* L. fruits during ripening. Journal of Food Composition and Analysis, 106, 104286. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104286
4. **Al-Hadid, K. J., Al-Karablieh, N., Abu-Irmaileh, B., Sharab, A., & Al Jaafreh, A. M. (2022).** Antibacterial, antifungal, antioxidant, and anti-proliferative effects of Eucalyptus camaldulensis and *Pistacia atlantica* ethanol extracts. Tropical Journal of Natural Product Research, 6(2), 207–212. https://doi.org/10.26538/tjnpr/v6i2.7
5. **Amara, N., Benrima, A., Anba, C., & Belkhir, H. (2019).** Activité antimicrobienne de l'huile essentielle des fruits du pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.). Revue Agrobiologia, 9(2), 1669–1676. Retrieved from ASJP - Revue Agrobiologia
6. **Amara, M., Bouazza, M., & Al-Saghir, M. G. (2017).** Anatomical and adaptation features of *Pistacia atlantica* Desf. to adverse climate conditions in Algeria. American Journal of Plant Sciences, 8(2), 278–291. https://doi.org/10.4236/ajps.2017.82011
7. **Anwar, M. A., Fu, Y., Khan, H., & Farag, M. A. (2026).** Optimizing *Pistacia lentiscus* (mastic tree) food and healthcare applications: Phytochemical composition, extraction methods, quality control, and novel delivery systems. Phytochemistry Reviews. https://doi.org/10.1007/s11101-026-10229-7
8. **Arabi, A. (2018).** Effet antimicrobien des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. sur quelques espèces bactériennes multirésistantes de la microflore digestive humaine (Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem). Dépôt institutionnel de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. https://e-biblio.univ-mosta.dz/items/de5064dc-7f09-4e9a-ba3a-69bcccf98d97

9. **Asif, M., Xie, X., & Zhao, Z. (2024).** Virulence regulation in plant-pathogenic bacteria by host-secreted signals. Microbiological Research, 286, 127883. https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127883
10. **Bakka, C., Smara, O., Dendougui, H., & Hadjadj, M. (2022).** Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological properties of *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae): Review. Asian Journal of Research in Chemistry, 15(6), 466–472. **https://doi.org/10.52711/0974-4150.2022.00081**
11. **Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2021).** Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. Journal of Pharmaceutical Analysis, 11(2), 71–79. https://doi.org/10.1016/j.jpha.2020.10.005
12. **Bassouya, M., Chedadi, M., Zahra, J. F., Kara, M., Assouguem, A., Ullah, R., Ibrahim, M. A., Bari, A., Fidan, H., Soufyane, L., Alami, A., & Bari, A. (2024).** A comparative analysis of dendrometric, macromorphological, and micromorphological characteristics of *Pistacia atlantica* subsp. *atlantica* and *Pistacia* terebinthus in the middle Atlas region of Morocco. Open Life Sciences, 19(1), 20220941. https://doi.org/10.1515/biol-2022-0941
13. **Bastas, K. K. (2020).** Management of *Erwinia* amylovora by potential bio-pesticides in vitro and in vivo conditions. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 8(Special Issue 1), 38–45. https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.38-45.3933
14. **Beldi, M., Merzougui, H., & Lazli, A. (2021).** Étude ethnobotanique du Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) dans la wilaya d'El Tarf (Nord-est algérien) – Ethnobotanical study of *Pistacia lentiscus* L. in El Tarf region (Northeastern Algeria). Ethnobotany Research and Applications, 21, 1–18. https://doi.org/10.32859/era.21.09.1-18
15. **Belmokhtar, Z., Sebaa, H. S., Sadli, H. E. M., Mezemaze, R. E. H., Merad, Z., Bouiadjra, S. E. B., & Merad, Y. (2025).** In vitro anti-onychomycosis and radical-scavenging activities of *Pistacia lentiscus* L. Journal of Medicinal Plants for Economic Development, 9(1), a290. https://doi.org/10.4102/jomped.v9i1.290
16. **Belyagoubi-Benhammou, N., Belyagoubi, L., Benmahieddine, A., El Zerey-Belaskri, A., Di Marco, G., D'Agostino, A., Canini, A., & Gismondi, A. (2024**). Nutrient content and biological properties of lipophilic and hydrophilic fractions of

the phytocomplex extracted from buds, roots, and fruits of *Pistacia atlantica* Desf. Plants, 13(5), 611. https://doi.org/10.3390/plants13050611

17. **Ben Ahmed, Z., Yousfi, M., Viaene, J., Dejaegher, B., Demeyer, K., & Vander Heyden, Y. (2021).** Four *Pistacia atlantica* subspecies (*atlantica*, cabulica, kurdica and mutica): A review of their botany, ethnobotany, phytochemistry and pharmacology. Journal of Ethnopharmacology, 265, 113329. https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113329
18. **Bendada, M., Hadini, A., El Asri, O., Taarabt, Y., Nazih, A., Andich, K., El Bekkaye, K., & Chaabane, K. (2024).** Evaluation of phytochemical content and in vitro antioxidant activities of *Pistacia lentiscus* L. leaves extracts, a medicinal plant from the Beni-Snassen Forest (Eastern Region of Morocco). Scientifica, 2024, Article 9999175. https://doi.org/10.1155/2024/9999175
19. **Bendouina, N., Lakhdar, G., & Kouider, H. (2025).** Morphometric and ecological characterization of Atlas Pistachio stands (*Pistacia atlantica* Desf.) in El Bayadh region (Algeria). Agrarian Academic Journal, 8(2), 38–51. https://doi.org/10.32406/v8n2/2025/38-51/agrariacad
20. **Bendouina, N., Lakhdar, G., & Kouider, H. (2025).** Morphometric and ecological characterization of Atlas Pistachio stands (*Pistacia atlantica* Desf.) in El Bayadh region (Algeria). Agrarian Academic Journal, 8(2), 38–51. https://doi.org/10.32406/v8n2/2025/38-51/agrariacad
21. **Benguechoua, M. I. (2021**). Étude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) (Thèse de doctorat en sciences, spécialité Chimie organique, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie). Dépôt institutionnel de l'Université Kasdi Merbah Ouargla
22. **Benmahieddine, A., Belyagoubi-Benhammou, N., Belyagoubi, L., Amari, N. O., El Zerey-Belaskri, A., Gismondi, A., Di Marco, G., Canini, A., Habi, S., Atik Bekkara, F., & Djebli, N. (2023).** Leaf-buds of *Pistacia atlantica*: A novel source of bioactive molecules with high anti-inflammatory, antioxidant, anti-tyrosinase and antimicrobial properties. Physiology and Molecular Biology of Plants, 29(2), 209–219. https://doi.org/10.1007/s12298-023-01290-z
23. **Bereksi Reguig, M., Abdelli, I., Hassani, F., & Bekkal Brikci, S. (2021).** Study of the bio-insecticidal power of *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* from Tlemcen

region. Genetics & Biodiversity Journal, 5(2), 39–48. https://doi.org/10.46325/gabj.v5i2.65

24. **Bir, A. (2019).** Strategies d'adaptation des éleveurs bovins laitiers aux contraintes climatiques dans la région semi-aride de Sétif, Algérie. Livestock Research for Rural Development, 31(7), Article #104. https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd31/7/agro31196.html
25. **Boudieb, K., Ait Slimane-Ait Kaki, S., & Amellal-Chibane, H. (2019).** Traditional uses, phytochemical study and morphological characterization of *Pistacia lentiscus* L. fruits from three areas of northern Algeria. Journal of Applied Biosciences, 135, 13788–13797. https://doi.org/10.4314/jab.v135i1.5
26. **Bouyahya, A., Assiamean, I. C. C., Mouzount, H., Bourais, I., El-Touys, A., Fellah, H., Benjouad, A., & Dakka, N. (2019).** Could volatile compounds from leaves and fruits of *Pistacia lentiscus* constitute a novel source of anticancer, antioxidant, antiparasitic and antibacterial drugs Industrial Crops and Products, 128, 62–69. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.001
27. **Bouyahya, A., Chamkhi, I., Guaouguaou, F. E., Benali, T., Balahbib, A., El Omari, N., Taha, D., El-Shazly, M., Abdel-Daim, M. M., Dakka, N., & Bakri, Y. (2021).** Ethnomedicinal use, phytochemistry, pharmacology, and food benefits of Pistacia lentiscus. Molecules, 26(16), 4846. https://doi.org/10.3390/molecules26164846
28. **Bozorov, T. A., Okur, M. E., Durna Daştan, S., Temel, H., Ahmed, Z., Ody, C., Çelik, İ., Çakmak, Y. S., & Yıldıztugay, E. (2021).** Approaching the "secrets" of the resin ducts in the mastic tree (Pistacia lentiscus L. cv. chia). Flora, 285, 151951. https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151951
29. **Chaabani, E., Abert-Vian, M., Dakhlaoui, S., Bourgou, S., Chemat, F., Ksouri, R., & Allaf, K. (2019).** Pistacia lentiscus L. edible oil: Green extraction with bio-based solvents, metabolite profiling and in vitro anti-inflammatory activity. OCL, 26, 25. https://doi.org/10.1051/ocl/2019022
30. **Chae, D.-H., Kim, D.-R., Cheong, M. S., Lee, Y. B., & Kwak, Y.-S. (2020).** Investigating the induced systemic resistance mechanism of 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG) using DAPG hydrolase-transgenic Arabidopsis. Plant Pathology Journal, 36(3), 255–266. https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.02.2020.0031

31. **Chaouati, K. (2025).** Étude écologique, chimique et activités biologiques des espèces du genre *Pistacia* sp en vue de leur application dans le domaine socio-économique (Thèse de doctorat, Université Saad Dahlab Blida 1). https://di.univ-blida.dz
32. **Chethana, K. W. T., Jayawardena, R. S., Chen, Y.-J., Konta, S., Tibpromma, S., Phukhamsakda, C., Abeywickrama, P. D., Samarakoon, M. C., Senwanna, C., Mapook, A., Tang, X., Gomdola, D., Marasinghe, D. S., Padaruth, O. D., Balasuriya, A., Xu, J., Lumyong, S., & Hyde, K. D. (2021).** Appressorial interactions with host and their evolution. Fungal Diversity. https://doi.org/10.1007/s13225-021-00487-5
33. **Chibuye, B., Singh, I. S., Chimuka, L., & Kakoma, M. K. (2023).** A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. Scientific African, 19, e01585. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01585
34. **Costa, A. S., Silva, L. A., Santos, M. R., & collaborateurs. (2025).** Anacardiaceae Family: Effect of Isolated Compounds and Other Identified Phytochemicals Against Clinically Relevant Candida Species—A Short Review. Antibiotics, 14(3), 308. https://doi.org/10.3390/antibiotics14030308
35. **Crosby, K. C., Rojas, M., Sharma, P., Johnson, M. A., Mazloom, R., Kvitko, B. H., Smits, T. H. M., Venter, S. N., Coutinho, T. A., Heath, L. S., Palmer, M., & Vinatzer, B. A. (2023).** Genomic delineation and description of species and within-species lineages in the genus Pantoea. Frontiers in Microbiology, 14, 1254999. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1254999
36. **Debbabi, H., Ghozzi, H., Ben Mansour, M., Ranieri, D., & Quéméneur, E. (2017).** Anti-Helicobacter pylori activity of *Pistacia lentiscus* L. leaf extracts. Microbial Pathogenesis, 111, 432–438. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.025
37. **Debbabi, H., Nemri, K., & Riahi, H. (2017).** Antimicrobial effects of *Pistacia lentiscus* L. foliar extracts on fresh turkey breast cutlets. Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, 40(1), 2144–2152. Journal of New Sciences
38. **Delgado Santander, R., & Zhao, Y. (2026).** Environmental conditions and ecological interactions among microorganisms isolated from diseased samples shape

their biocontrol efficacy against *Erwinia* amylovora. Frontiers in Microbiology, 17, Article 1816023. https://doi.org/10.3389/fmicb.2026.1816023

39. **Djedaia, S. (2017).** Étude physico-chimique et caractérisation du fruit de la plante lentisque (*Pistacia lentiscus* L.). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2019/07/These-Djedaia-Salah.pdf
40. **Doghbage, A., Belhadj, S., Belhouadjeb, F. A., Boukerker, H., Mevy, J. P., Gauquelin, T., Tonetto, A., Merdas, S., Touati, B., Saimi, F., Rahem, R., Derridj, A., Hassen, F. F., & Soufan, W. (2023).** Leaf morphological and epidermal traits variability along environmental gradients in ten natural populations of *Pistacia lentiscus*. Life, 13(7), 1617. https://doi.org/10.3390/life13071617
41. **Doghbage, A., Belhadj, S., Derridj, A., Mevy, J. P., Gauquelin, T., Merdas, S., Tonetto, A., & Foulla Hassen, F. (2020).** Comparative eco-botanical analysis of *Pistacia lentiscus* L. in Algeria through morphological and ultra-structural markers related to leaves and stomata. Revue Agrobiologia, 10(1), 1826–1836. **https://doi.org/10.34118/ja.v10i1.2046**
42. **Dragović, S. (2020).** Optimiranje procesa ekstrakcije i destilacije bioaktivnih spojeva iz lista tršlje (*Pistacia lentiscus* L.) [Doctoral dissertation, University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology]. Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology. https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:480685
43. **Dragović, S., Dragović-Uzelac, V., Pedišić, Ž., Friščić, M., Garofulić, I. E., & Zorić, Z. (2020).** The mastic tree (*Pistacia lentiscus* L.) leaves as source of BACs: Effect of growing location, phenological stage and extraction solvent on phenolic content. Food Technology and Biotechnology, 58(3), 303–316. https://doi.org/10.17113/ftb.58.03.20.6662
44. **Dris, I. (2020).** Caractérisation chimique des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. : Évaluation du pouvoir antimicrobien et antioxydant (Thèse de doctorat, Université Ahmed Ben Yahia El Wancharissi, Tissemsilt, Algérie). https://dspace.univ-tissemsilt.dz/

45. **Dubois, C., Gil, A., Fernandez, X., Plazanet, N., & Vennetier, M. (2022).** Étude du potentiel cosmétique du pistachier lentisque. Forêt Méditerranéenne, 43(1), 31–40.
Forêt Méditerranéenne +1
46. **El Mannoubi, I. (2023).** Impact of different solvents on extraction yield, phenolic composition, in vitro antioxidant and antibacterial activities of deseeded Opuntia stricta fruit. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences, 9, 176–184. https://doi.org/10.1007/s43994-023-00031-y
47. **El Zerey-Belaskri, A., Belyagoubi-Benhammou, N., & Benhassaini, H. (2022).** From traditional knowledge to modern formulation: Potential and prospects of *Pistacia atlantica* Desf. essential and fixed oils uses in cosmetics. Cosmetics, 9(6), 109. https://doi.org/10.3390/cosmetics9060109
48. **El Zerey-Belaskri, A., Ribeiro, T., Alcaraz, M. L., El Zerey, W., Castro, S., Loureiro, J., Benhassaini, H., & Hormaza, J. I. (2018).** Molecular characterization of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* (*Anacardiaceae*) in Algeria: Genome size determination, chromosome count and genetic diversity analysis using SSR markers. Scientia Horticulturae, 227, 278–287. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.016
49. **Enenebeaku, C. K., Ogukwe, C. E., Nweke, C. O., Anyado-Nwadike, S. O., Duru, I. A., Enenebeaku, U. E., & Ogidi, O. I. (2022).** Antiplasmodial and in vitro antioxidant potentials of crude aqueous and methanol extracts of Chasmanthera dependens (Hochst). Bulletin of the National Research Centre, 46, 33. https://doi.org/10.1186/s42269-022-00721-3
50. **Fareed, M. A., Rahman, M. U., Iqbal, S., Mutti, A., Asghar, S., Khaliq, M., Mateen, M. T., Nasir, R., Bilqees, I., Bashir, S., Waleed, H. M. T., & Kiptoo, J. J. (2025).** Genomics-driven insights into plant pathogenic fungi: Emerging mechanisms, evolution, and sustainable control strategies. Medical and Life Sciences, 4(1), 10–18.
51. **Floris, S., Di Petrillo, A., Pintus, F., & Delogu, G. L. (2024).** *Pistacia lentiscus*: Phytochemistry and antidiabetic properties. Nutrients, 16(11), 1638. https://doi.org/10.3390/nu16111638
52. **Fontana, R., Macchi, G., Caproni, A., Sicurella, M., Buratto, M., Salvatori, F., Pappadà, M., Manfredini, S., Baldisserotto, A., & Marconi, P. (2022).** Control of

Erwinia amylovora growth by Moringa oleifera leaf extracts: In vitro and in planta effects. Plants, 11(7), 957. https://doi.org/10.3390/plants11070957

53. **Gacem, M. A., Telli, A., Gacem, H., & Ould-El-Hadj-Khelil, A. (2019).** Phytochemical screening, antifungal and antioxidant activities of three medicinal plants from Algerian steppe and Sahara (preliminary screening studies). SN Applied Sciences, 1, 1721. https://doi.org/10.1007/s42452-019-1797-1
54. **Gai, Y., & Wang, H. (2024).** Plant disease: A growing threat to global food security. Agronomy, 14(8), 1615. https://doi.org/10.3390/agronomy14081615
55. **Gargi Sharma, Vagish Dwivedi, Chandra Shekhar Seth, Simranjeet Singh, Praveen C. Ramamurthy, Pooja Bhadrecha, & Joginder Singh (2024).** Direct and indirect technical guide for the early detection and management of fungal plant diseases. Current Research in Microbial Sciences, 7, 100276. https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100276
56. **Guelmani, N. (2023).** Contribution à l'étude ethnobotanique, phytoécologique et phytodynamique de *Pistacia atlantica* Desf. dans les dayas de la région de Laghouat (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie). https://dspace.ummto.dz/handle/ummto/23455
57. **Guenane, H. (2017).** Activités biologiques des extraits lipidiques des fruits du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) (Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie). https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/13682
58. **Hadjadj, K., Guerine, L., & Naimi, B. (2021).** Dynamique structurale et écologique des peuplements de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la région de Gaâloul (Wilaya de Naâma) : Gestion durable des ressources naturelles des zones arides et semi-arides. Centre universitaire de Naâma. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15948.18569
59. **Hamdi, K., Boughandjioua Amoura, N., Noui, A., Dalia, F., Siline, M., & Belkhiri, A. (2023).** *Pistacia lentiscus* L. fatty oil and its unsaponifiable matter: Antidiabetic and neuroprotective activities. Journal of Pharmaceutical Research International, 35(15), 11–23. https://doi.org/10.9734/jpri/2023/v35i157376
60. **Harrat, M., Benalia, M., Gourine, N., & Yousfi, M. (2018).** Variability of the chemical compositions of fatty acids, tocopherols and lipids antioxidant activities, obtained from the leaves of *Pistacia lentiscus* L. growing in Algeria. Mediterranean

Journal of Nutrition and Metabolism, 11(3), 199–215. https://doi.org/10.3233/MNM-18198

61. **He, L., Huang, R., Chen, H., Zhao, L., & Zhang, Z. (2024).** Discovery and characterization of a novel pathogen *Erwinia* pyri sp. nov. associated with pear dieback: taxonomic insights and genomic analysis. Frontiers in Microbiology, 15, 1365685. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1365685
62. **Ifticene-Habani, N., & Abdoun, F. (2018).** Croissance radiale et réponse au climat du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans le Parc national de Theniet El Had (Algérie). Bois et Forêts des Tropiques, 335, 3–13. https://doi.org/10.19182/bft2018.335.a31496
63. **Jackson, E., Li, J., Weerasinghe, T., & Li, X. (2024).** The ubiquitous wilt-inducing pathogen *Fusarium* oxysporum — A review of genes studied with mutant analysis. Pathogens, 13(10), 823. https://doi.org/10.3390/pathogens13100823
64. **John, E., Singh, K. B., Oliver, R. P., & Tan, K.-C. (2021).** Transcription factor control of virulence in phytopathogenic fungi. Molecular Plant Pathology, 22(7), 858–881. https://doi.org/10.1111/mpp.13056
65. **Khan, Q., Huang, X., He, Z., Wang, H., Chen, Y., Xia, G., Wang, Y., Lang, F., & Zhang, Y. (2024).** An insight into conflict and collaboration between plants and microorganisms. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 11, 161. https://doi.org/10.1186/s40538-024-00684-9
66. **Krzyzaniak, Y., Magnin-Robert, M., Randoux, B., Fontaine, J., & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2021).** Combined use of beneficial bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant cryptogamic diseases: Evidence, methodology, and limits. In N. Shrivastava et *al*. (Eds.), Symbiotic soil microorganisms (Soil Biology, Vol. 60). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51916-2_24
67. **Kumar, S., Sharma, R., & Singh, P. (2022).** Evaluation of antifungal activity of medicinal plant extracts against phytopathogenic fungi using poisoned food technique. Journal of Applied Biology & Biotechnology, 10(4), 120–127.
68. **Labdelli, A., Adda, A., Tahirine, M., Foughalia Abdelhamid, A., & Merah, O. (2021).** Intérêts nutritionnels et médicinaux du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*). Revue Agrobiologia, 11(2), 2544–2551.

69. **Labdelli, A., Adda, A., Tahirine, M., Foughalia, A., & Merah, O. (2021).** *Pistacia atlantica* Desf. une ancienne espèce comme source de nouveaux composés d'intérêt. Agrobiologia, 11(2), 2544–2551. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874120332116
70. **Labdelli, A., Rekia, A., Tahirine, M., Adda, A., & Merah, O. (2020).** Nutrient content and antioxidant capacity of seed and epicarp in different ecotypes of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*. Plants, 9(8), 1065. https://doi.org/10.3390/plants9091065
71. **Labdelli, A., Zemour, K., Simon, V., Cerny, M., Adda, A., & Merah, O. (2019).** *Pistacia atlantica* Desf., a source of healthy vegetable oil. Applied Sciences, 9(12), 2552. https://doi.org/10.3390/app9122552
72. **Latiffah Zakaria (2024).** An Overview of Aspergillus Species Associated with Plant Diseases. Pathogens, 13(9), 813. https://doi.org/10.3390/pathogens13090813
73. **Limane, A. (2018).** Réponses architecturales racinaires et stratégies d'absorption hydrominérale chez *Pistacia atlantica* en fonction d'un gradient d'aridité croissante : cas d'un transect Nord-Sud en Algérie [Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou]. dspace.ummto.dz
74. **Mahjoub, F., Akhavan Rezayat, K., Yousefi, M., Mohebbi, M., & Salari, R. (2018).** *Pistacia atlantica* Desf.: A review of its traditional uses, phytochemicals and pharmacology. Journal of Medicine and Life, 11(3), 180–186. https://doi.org/10.25122/jml-2017-0055
75. **Matuschek, E., Brown, D. F. J., & Kahlmeter, G. (2022).** Development of the EUCAT disk diffusion antimicrobial susceptibility testing method and its implementation in routine microbiology laboratories. Clinical Microbiology and Infection, 28(3), 311–316.
76. **Maulenbay, A., & Rsaliyev, A. (2024).** Fungal disease tolerance with a focus on wheat: A review. Journal of Fungi, 10, 482. https://doi.org/10.3390/jof10070482
77. **Mechiah, F. (2023).** Diversité des symbiotes fongiques racinaires de *Pistacia atlantica* Desf. dans la région de Laghouat (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie). https://dspace.ummto.dz/items/c91928c0-a0c2-419c-8288-345d638c822a
78. **Milia, E., Bullitta, S., Mastandrea, G., Szotáková, B., Schoubben, A., Langhansová, L., Quartu, M., & Maccioni, A. M. (2021).** Leaves and fruits

preparations of Pistacia lentiscus L.: A review on the ethnopharmacological uses and implications in inflammation and infection. Antibiotics, 10(4), 425. https://doi.org/10.3390/antibiotics10040425

79. **Mitchell, J. D., Pell, S. K., Bachelier, J. B., Warschefsky, E. J., Joyce, E. M., Calvillo-Canadell, L., Silva-Luz, C. L., & Coiffard, C. (2022).** Neotropical Anacardiaceae (cashew family). Brazilian Journal of Botany, 45(1), 139–180. https://doi.org/10.1007/s40415-022-00793-5
80. **Muntean, D., Vlase, L., Popa, D. S., & Pârvu, M. (2021).** Selected aspects related to medicinal and aromatic plants as alternative sources of bioactive compounds. International Journal of Molecular Sciences, 22(4), 1521. https://doi.org/10.3390/ijms22041521
81. **Navale, V. D., Sawant, A. M., & Vamkudoth, K. R. (2023).** Genetic diversity of toxigenic Fusarium verticillioides associated with maize grains, India. Genetics and Molecular Biology, 46(1), e20220073. https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0073
82. **Nazarov, P. A., Baleev, D. N., Ivanova, M. I., Sokolova, L. M., & Karakozova, M. V. (2020).** Infectious plant diseases: Etiology, current status, problems and prospects in plant protection. Acta Naturae. https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026
83. **Nebbache, S. (2020).** Effet de quelques phytohormones (l'acide salicylique et l'acide gibbérellique) sur les maladies fongiques de l'ail (Allium sativum L.) (Thèse de doctorat, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, Algérie). https://dspace.univ-oeb.dz/jspui/handle/123456789/13682
84. **Newman, T. E., & Derbyshire, M. C. (2020).** The evolutionary and molecular features of broad host-range necrotrophy in plant pathogenic fungi. Frontiers in Plant Science, 11, Article 591733. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.591733
85. **Nji, Q. N., Babalola, O. O., & Mwanza, M. (2023).** Soil *Aspergillus* species, pathogenicity and control perspectives. Journal of Fungi, 9(7), 766. https://doi.org/10.3390/jof9070766
86. **Ouhaibi-Ben Abdeljalil, N., Makhlouf, L., & Boughalleb-M'Hamdi, N. (2024).** Assessment of the in vitro, in planta and in orchard efficacy of three plant extracts against *Erwinia* amylovora, responsible agent of fire blight disease in Tunisia.

European Journal of Plant Pathology. https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/13682

87. **Pachi, V. K., Mikropoulou, E. V., Dimou, S., Dionysopoulou, M., Argyropoulou, A., Diallinas, G., & Halabalaki, M. (2021)**. Chemical profiling of *Pistacia lentiscus* var. Chia resin and essential oil: Ageing markers and antimicrobial activity. Processes, 9(3), 418. https://doi.org/10.3390/pr9030418
88. **Pekacar, S., & Orhan, D. D. (2022).** Investigation of antidiabetic effect of *Pistacia atlantica* leaves by activity-guided fractionation and phytochemical content analysis by LC-QTOF-MS. Frontiers in Pharmacology, 13, Article 826261. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.826261
89. **Pekacar, S., & Orhan, I. E. (2022).** Pistacia species as a source of bioactive compounds: A review. Journal of Ethnopharmacology, 295, 115406. https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115406
90. **Peng, B., Ai, H., Li, Y., Gan, Z., Wan, P., Wang, W., Dou, D., & Wang, Y. (2024).** A catalogue of virulence strategies mediated by effectors. Food Materials Research. https://doi.org/10.1016/j.fmre.2023.10.026
91. **Pfliegler, W. P., Pócsi, I., Győri, Z., & Pusztahelyi, T. (2020).** The Aspergilli and their mycotoxins: Metabolic interactions with plants and the soil biota. Frontiers in Microbiology, 10, 2921. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02921
92. **Popova, M., & Bankova, V. (2023).** Contemporary methods for the extraction and isolation of natural products. BMC Chemistry, 17, 68. https://doi.org/10.1186/s13065-023-00960-z
93. **Queenta Ngum Nji, Olubukola Oluranti Babalola, & Mulunda Mwanza (2023).** Soil *Aspergillus* Species, Pathogenicity and Control Perspectives. Journal of Fungi, 9(7), 766. https://doi.org/10.3390/jof9070766
94. **Rabie, F., Guendouz-Benrima, A., & Chebouti-Meziou, N. (2019).** Effet insecticide des extraits aqueux des feuilles de Pistacia lentiscus L. et de Zizyphus lotus L. sur les différents stades larvaires de la chenille processionnaire du pin Thaumetopoea pityocampa Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). Revue Agrobiologia, 9(1), 1242–1254. https://asjp.cerist.dz/en/article/120232
95. **Rabie, M. A., El Hady, A. E., & al. (2019).** Therapeutic applications and pharmacological properties of *Pistacia lentiscus* resin: A review. Biomedicine & Pharmacotherapy, 109, 1464–1474.

96. **Rajarammohan, S. (2021).** Redefining plant-necrotroph interactions: The thin line between hemibiotrophs and necrotrophs. Frontiers in Microbiology, 12, Article 673518. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673518
97. **Riseh, R. S., Vatankhah, M., Hassanisaadi, M., & Ait Barka, E. (2024).** Unveiling the role of hydrolytic enzymes from soil biocontrol bacteria in sustainable phytopathogen management. IMR Press. https://doi.org/10.20944/preprints202310
98. **Rivilla, R., & Malone, J. G. (2023).** Plant-associated pseudomonads. Microorganisms, 11, 1216. https://doi.org/10.3390/microorganisms11051216
99. **Rohit Patel, Krina Mehta, Jignesh Prajapati, Arpit Shukla, Paritosh Parmar, Dweipayan Goswami, & Meenu Saraf (2022).** Anecdote of mechanisms for Fusarium biocontrol by plant growth promoting microbes. Biological Control, 175, 105012. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105012
100. **Saïdi, O. (2023).** Huiles de pistachier lentisque et affections cutanées en Algérie. Ethnopharmacologia, (69). ethnopharmacologia.org
101. **Saïdi, O., Derradji, L., Hadef, Y., & Dekhil, M. (2023).** Pratiques traditionnelles d'utilisation dans le nord-est algérien des huiles de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) pour les affections cutanées. Ethnopharmacologia, (69), 70–78. https://www.ethnopharmacologia.org/wp
102. **Salhi, A., Bellaouchi, R., El Barkany, S., Rokni, Y., Bouyanzer, A., Asehraou, A., Amhamdi, H., Zarrouk, A., & Hammouti, B. (2019).** Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Pistacia lentiscus* leaves. Caspian Journal of Environmental Sciences, 17(3), 189–198. https://doi.org/10.22124/cjes.2019.3662
103. **Salvatore, M. M., & Andolfi, A. (2021).** Phytopathogenic Fungi and Toxicity. Toxins, 13(10), 689. https://doi.org/10.3390/toxins13100689
104. **Sehaki, C. (2022).** Etude de la composition chimique et du potentiel biologique de *Pistacia lentiscus*, plante médicinale traditionnelle d'Algérie (Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France; Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie).

105. **Sehaki, C., Jullian, N., Ayati, F., Fernane, F., & Gontier, E. (2023).** A review of *Pistacia lentiscus* polyphenols: Chemical diversity and pharmacological activities. Plants, 12(2), 279. https://doi.org/10.3390/plants12020279

106. **Sehaki, C., Jullian, N., Choque, E., Dauwe, R., Fontaine, J. X., Molinie, R., Ayati, F., Fernane, F., & Gontier, E. (2022).** Profiling of essential oils from the leaves of *Pistacia lentiscus* collected in the Algerian region of Tizi-Ouzou: Evidence of chemical variations associated with climatic contrasts between littoral and mountain samples. Molecules, 27(13), 4148. https://doi.org/10.3390/molecules27134148

107. **Sehaki, C., Rodrigues, M. J., Hentati, F., Silva, A. M. S., Ksouri, R., & Custódio, L. (2023).** A review of *Pistacia lentiscus* polyphenols: Chemical diversity and pharmacological activities. Plants, 12(2), 279. https://doi.org/10.3390/plants12020279

108. **Shialy, Z., Zarrin, M., Sadeghi Nejad, B., & Yusef Naanaie, S. (2015).** In vitro antifungal properties of *Pistacia atlantica* and olive extracts on different fungal species. Current Medical Mycology, 1(4), 40–45. https://doi.org/10.18869/acadpub.cmm.1.4.40

109. **Sifi, I., & Touati-Hatab, S. (2025).** First report on the antifungal potential of *Pistacia atlantica* essential oil against Fusarium oxysporum f. sp. albedinis. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 16(4), e25209. https://doi.org/10.15421/022509

110. **Stępień, Ł. (2023).** Plant-Pathogenic *Fusarium* Species. Journal of Fungi, 9(1), 13. https://doi.org/10.3390/jof9010013

111. **Stoyanova, M., Valkova, M., & Mihova, T. (2024).** Antibacterial properties of plant extracts against the pathogen of Rosaceae plants *Erwinia* amylovora. Acta Microbiologica Bulgarica, 40(3), 357–364. https://doi.org/10.59393/amb24400310

112. **Tan, K.-C., & Oliver, R. P. (2017).** Regulation of proteinaceous effector expression in phytopathogenic fungi. PLOS Pathogens, 13(4), e1006241. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006241

113. **Toul, F., Moussouni, S., Ghembaza, N., Zitouni, A., Djendar, A., Atik-Bekkara, F., & Kokkalou, E. (2021).** Phenolic compounds in the buds of Algerian *Pistacia atlantica* Desf. subsp. atlantica by antioxidant activity guided fractionation. Natural Product Research, 35(18), 3005–3009. https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1690488

114. **Vennetier, M., & Plazanet, N. (2022).** Écologie du pistachier lentisque, un arbuste d'avenir pour la forêt méditerranéenne. Forêt Méditerranéenne, 43(1), 19–30. foret-mediterraneenne.org

115. **Wang, N. R., Wiesmann, C. L., Melnyk, R. A., Hossain, S. S., Chi, M.-H., Martens, K., Craven, K., & Haney, C. H. (2022).** *Pseudomonas* fluorescens strains protect Arabidopsis from closely related *Pseudomonas* pathogens in a colonization-dependent manner. mBio, 13(1), e02892-21. https://doi.org/10.1128/mbio.02892-21

116. **Yao, B., Huang, R., Zhang, Z., & Shi, S. (2022).** Seed-borne *Erwinia* persicina affects the growth and physiology of alfalfa (Medicago sativa L.). Frontiers in Plant Science, 13, Article 891188. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.891188

117. **Yemmen, M., Landolsi, A., Ben Hamida, J., Mégraud, F., & Trabelsi Ayadi, M. (2017).** Antioxidant activities, anticancer activity and polyphenolics profile of leaf, fruit and stem extracts of *Pistacia lentiscus* from Tunisia. Cellular and Molecular Biology, 63(9), 87–95. https://doi.org/10.14715/cmb/2017.63.9.16

118. **Yunpeng Gai, & Hongkai Wang (2024).** Plant Disease: A Growing Threat to Global Food Security. Agronomy, 14(8), 1615. https://doi.org/10.3390/agronomy14081615

119. **Zboralski, A., & Filion, M. (2020).** Genetic factors involved in rhizosphere colonization by phytobeneficial *Pseudomonas* spp. Computational and Structural Biotechnology Journal, 18, 3539–3549. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.11.025

120. **Zerkani, H., Tagnaout, I., Khiya, Z., Boutahiri, S., Amalich, S., Fadili, K., Cherrat, A., Mourad, A., Benhlima, N., & Zair, T. (2022).** Étude comparative du pouvoir antioxydant des polyphénols des feuilles, des fruits et de l'écorce de *Pistacia atlantica* Desf. du Maroc. Journal of Chemistry, 2022, Article 7432169. https://doi.org/10.1155/2022/7432169

121. **Zhang, Y., Zhan, Y., Yang, J., & Lu, Z. (2025).** *Erwinia* wuhanensis sp. nov. isolated from human blood. Frontiers in Microbiology, 16, 1675452. https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1675452

122. **Zitouni, A., Chekroun-Bechlaghem, N., Ghembaza, N., & Belyagoubi-Benhammou, N. (2022).** Lentisk fruits (*Pistacia lentiscus* L.) as sources of phytochemicals with potential health benefits: A review. Journal of Natural Product Research and Applications, 3(1), 27–44. https://doi.org/10.46325/jnpra.v3i01.50

123. **Zitouni, H., Boudieb, K., Sehaki, R., Ghembaza, N., & Belyagoubi-Ben Hammou, N. (2022).** *Pistacia lentiscus* L.: Ethnobotanical uses, phytochemistry and biological activities. Journal of Herbal Medicine, 34, 100570. https://doi.org/10.1016/j.hermed.2022.100570

Annexes

ANNEXE n°01 : le matériel utilisé lors de l'expérimentation

L'appareillage	Verrerie	Réactifs
Une étuve. Plaque chauffante. Rotavapeur. Balance électrique de précision. Centrifugeuse. Autoclave. Agitateur de tube :vortex. Broyeur.	Tube à essai + support . Pipette pasteur. Pipette graduée. Micropipette. Papier aluminium. Papier film. Disque en papier. Flacon. Bécher. Pince de laboratoire. Spatule. Erlenmeyer de 1000ml. Etiquettes. Un bec bunsen. Un entonnoir. Mortier et pilon. Pissette. Éprouvette graduée. Boîtes de pétri stérile. Papier filtre. Tamis. Parafilm.	Alcool. DMSO. L'eau de javel. Méthanol. Tween 80. Gentamicine.

ANNEXE n°02 : L'appareillage utilisé



Une étuve.



Centrifugeuse.



Broyeur



Vortex



Rotavapeur

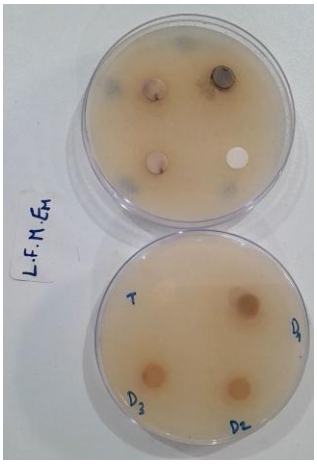


Balance de précision.

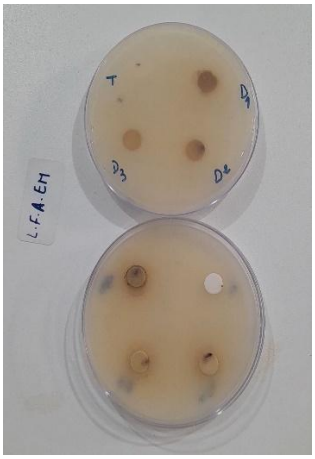
ANNEXE n°03 : Les milieux de culture utilisée

Milieu	Composition
Eau physiologique	9g NaCl / 1 L
Eau peptonée	20 g peptone / 1 L
Levure Peptone (LP)	3 g extrait de levure + 5 g peptone + 20-22 g agar / 1 L
King B	20 g protéose peptone + 1,5 g K_2HPO_4 + 1,5 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ + 20 g agar / 1 L Autoclave 121°C, 20 min
Sabouraud	65,05 g / L

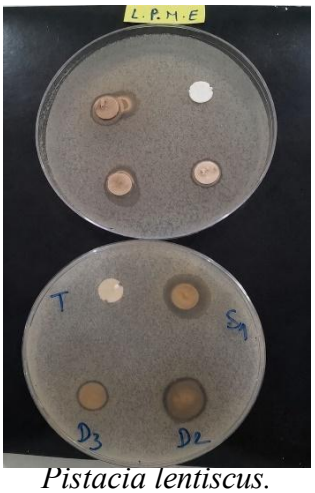
<u>Annexe n°4:</u> Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour différentes souches bactériennes et fongiques



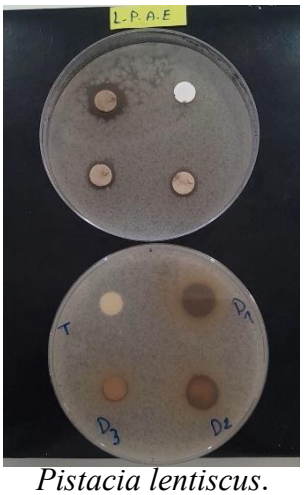
Pistacia lentiscus.
Feuilles. Méthanol



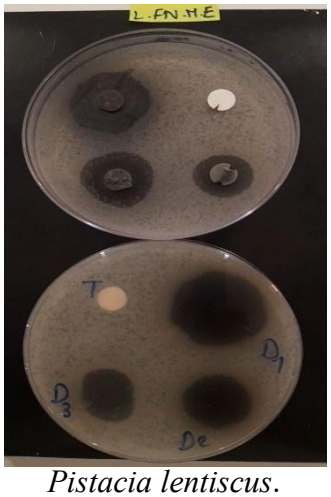
Pistacia lentiscus.
Feuilles. Aqueux



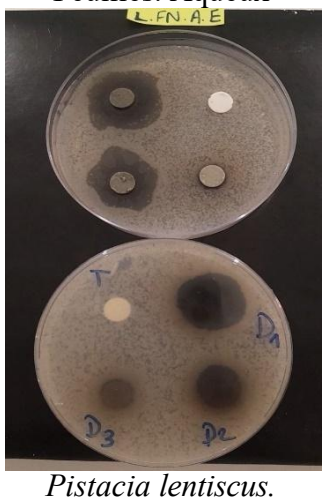
Pistacia lentiscus.
Pédoncules. Méthanol



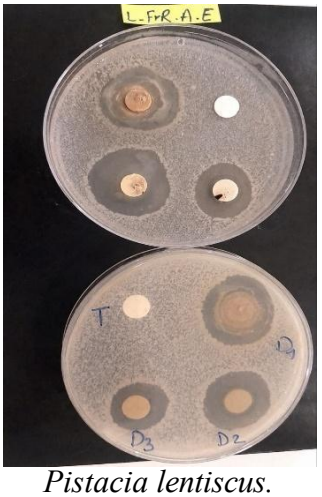
Pistacia lentiscus.
Pédoncules. Aqueux



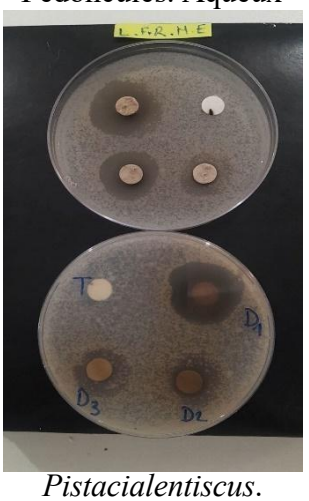
Pistacia lentiscus.
Fruits noirs. Méthanol



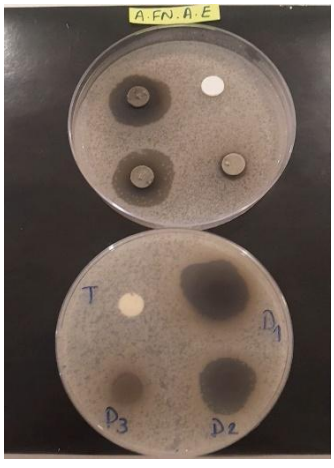
Pistacia lentiscus.
Fruits noirs. Aqueux



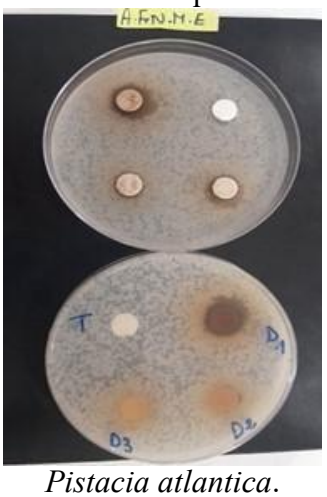
Pistacia lentiscus.
Fruits rouges. Aqueux



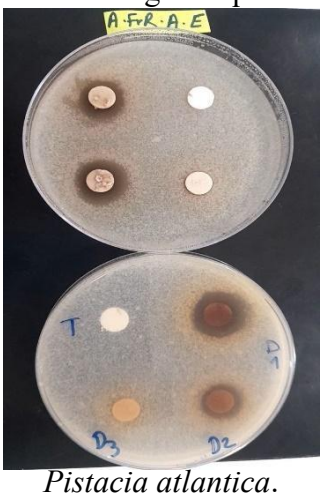
Pistacialentiscus.
Fruits rouges. Méthanol



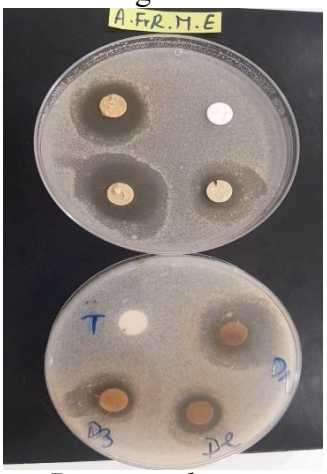
Pistacia atlantica.
Fruits noirs. Aqueux



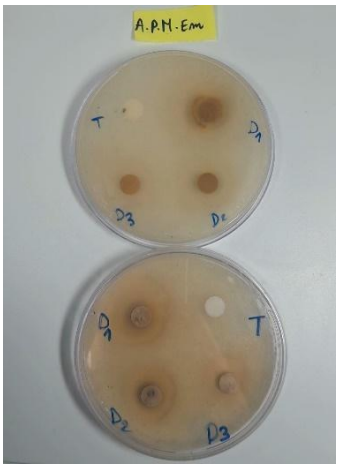
Pistacia atlantica.
Fruits noirs.Méthanol



Pistacia atlantica.
Fruits rouges. Aqueux



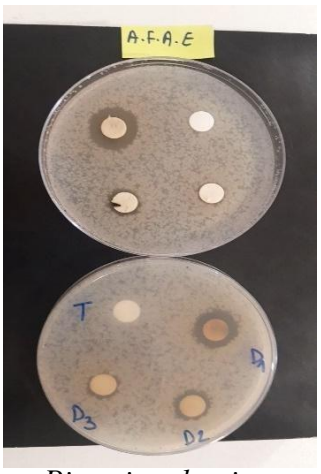
Pistacia atlantica.
Fruits rouges. Méthanol



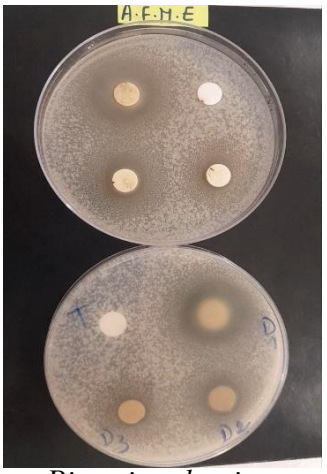
Pistacia atlantica.
Pédoncules. Méthanol



Pistacia atlantica.
Pédoncules. Aqueux

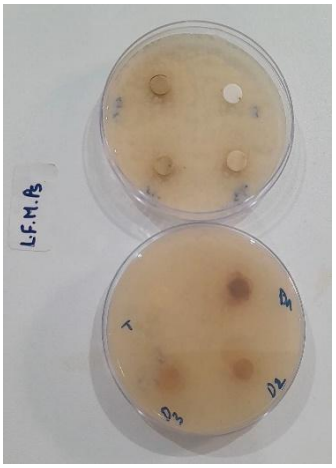


Pistacia atlantica.
Feuilles. Aqueux

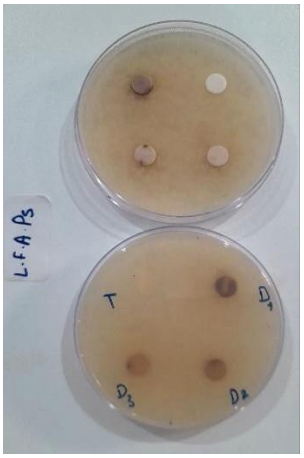


Pistacia atlantica.
Feuilles. Méthanol

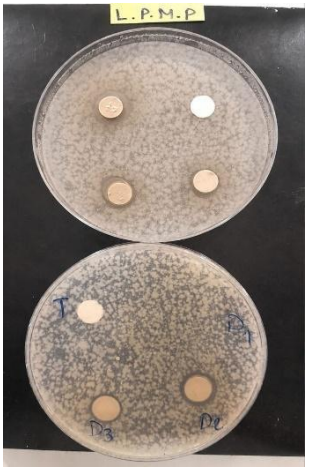
Figure 1: Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour (*Erwinia* sp.).



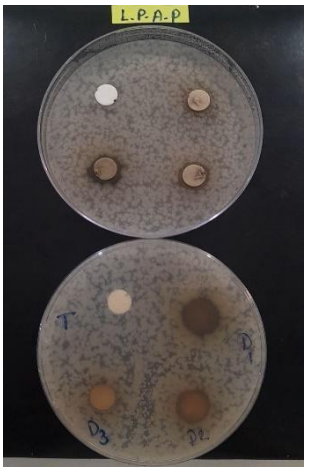
Pistacia lentiscus.
Feuilles. Méthanol



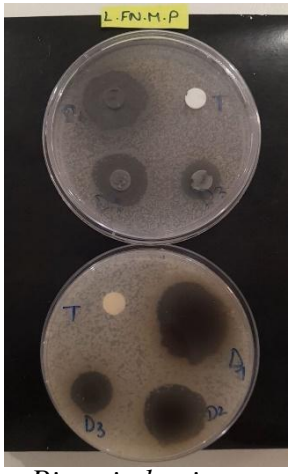
Pistacia lentiscus.
Feuilles. Aqueux



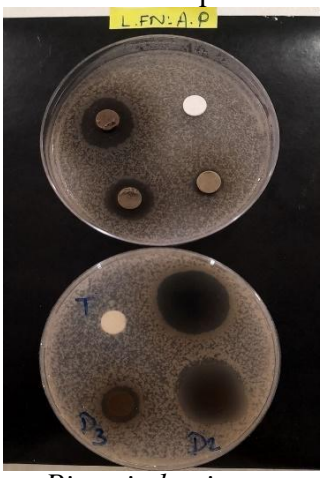
Pistacia lentiscus.
Pédoncules. Méthanol



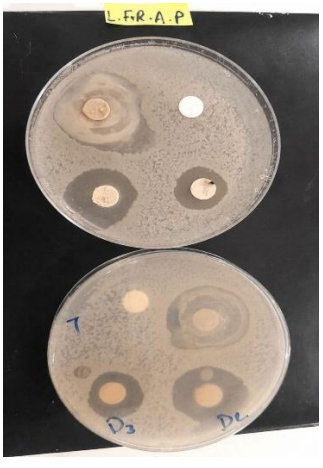
Pistacia lentiscus.
Pédoncules. Aqueux



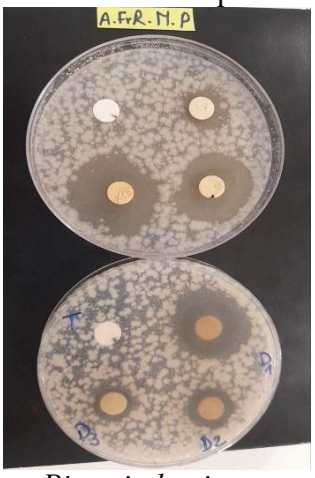
Pistacia lentiscus.
Fruits noirs. Méthanol



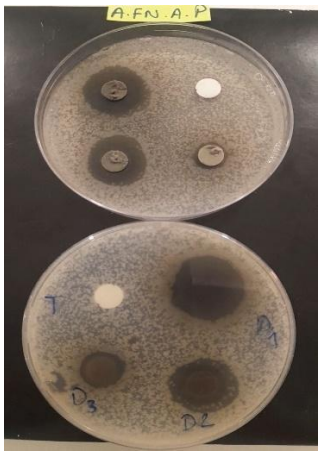
Pistacia lentiscus.
Fruits noirs. Aqueux



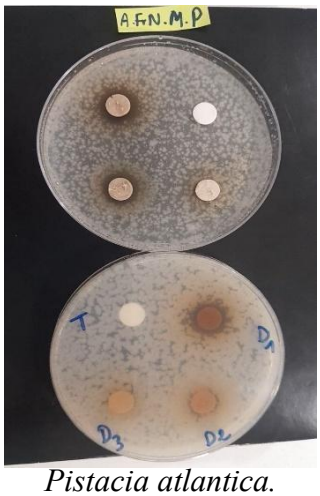
Pistacia lentiscus.
Fruits rouges. Aqueux



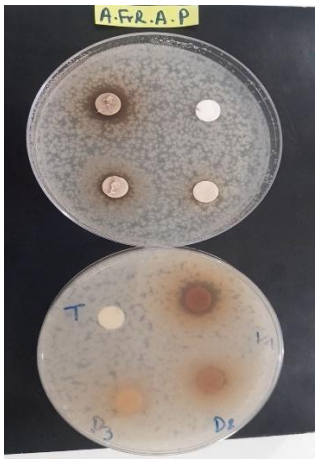
Pistacia lentiscus.
Fruits rouges. Méthanol



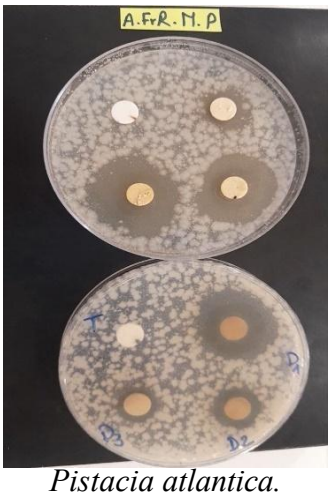
Pistacia atlantica.
Fruits noirs. Aqueux



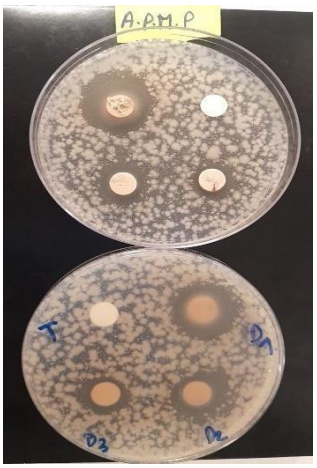
Pistacia atlantica.
Fruits noirs. Méthanol



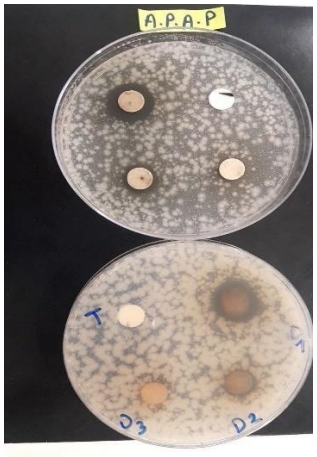
Pistacia atlantica.
Fruits rouges. Aqueux



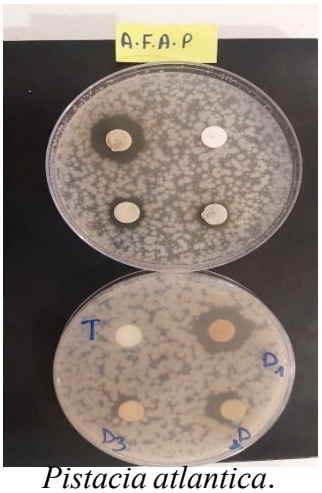
Pistacia atlantica.
Fruits rouges. Méthanol



Pistacia atlantica.
Pédoncules. Méthanol



Pistacia atlantica.
Pédoncules. Aqueux

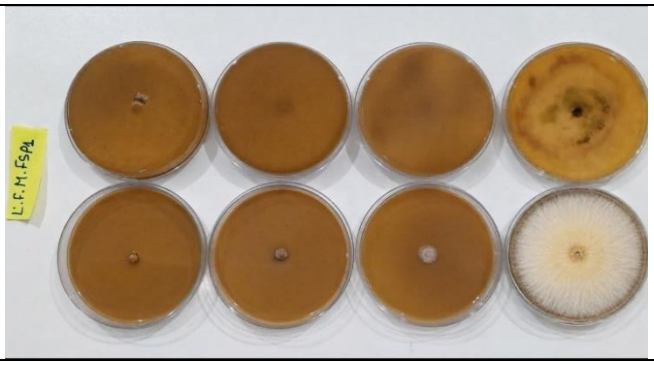
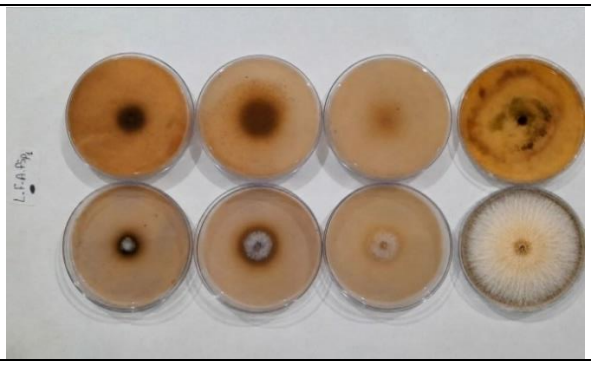
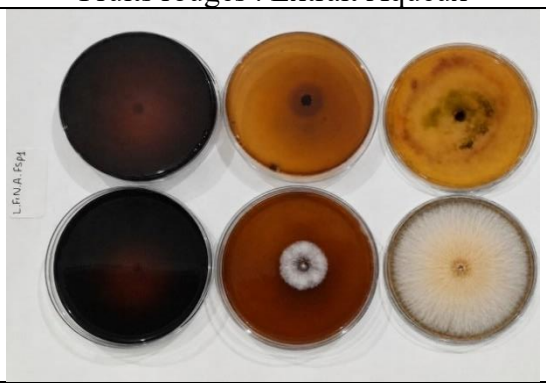
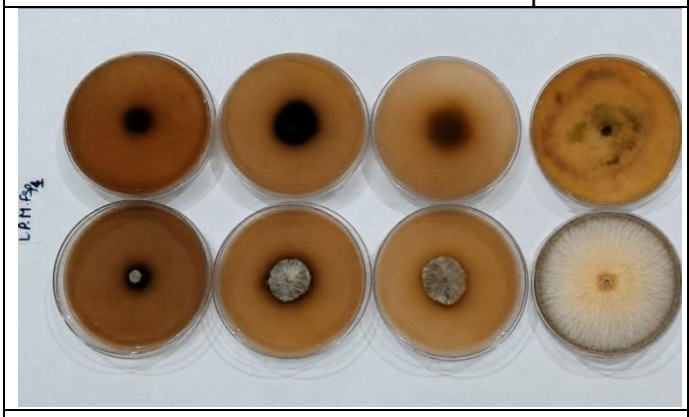
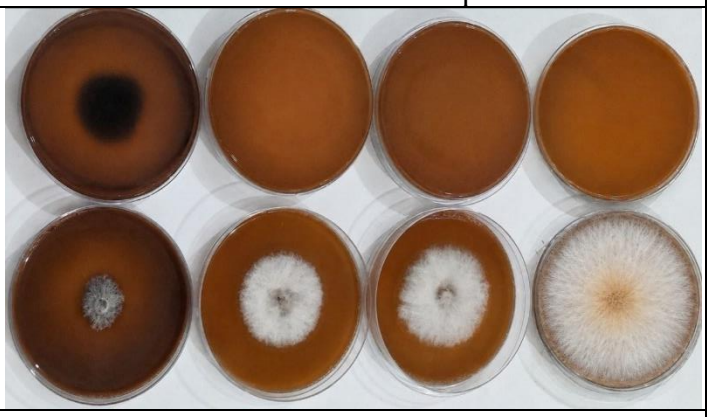


Pistacia atlantica.
Feuilles. Aqueux



Pistacia atlantica.
Feuilles. Méthanol

Figure 2: Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour (*Pseudomonas* sp.).

	
Pistacia lentiscus Feuilles . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Feuilles . Extrait Aqueux
	
Pistacia lentiscus Fruits rouges . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Fruits rouges . Extrait Aqueux
	
Pistacia lentiscus Fruits noirs . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Fruits noirs . Extrait Aqueux
	
Pistacia lentiscus Pédoncules . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Pédoncules . Extrait Aqueux

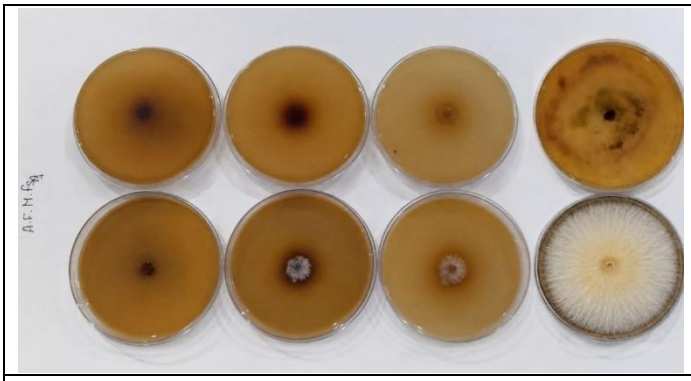
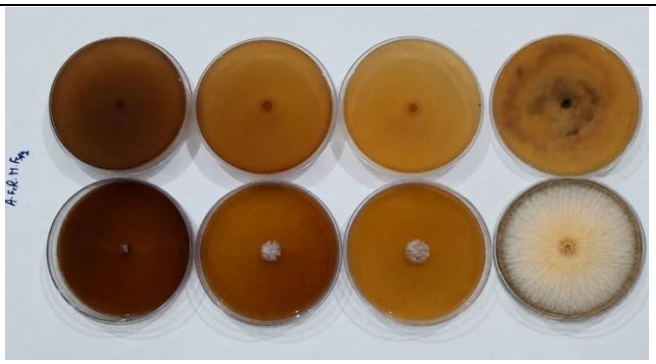
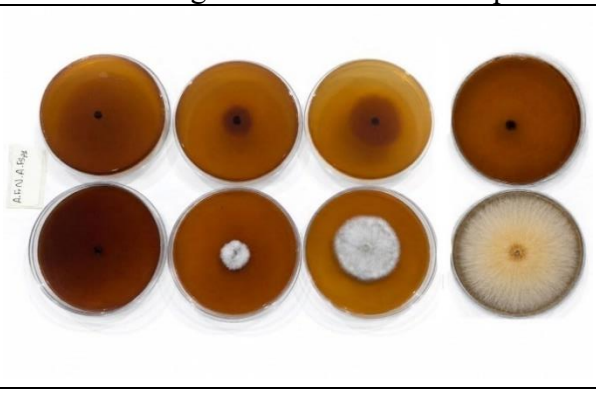
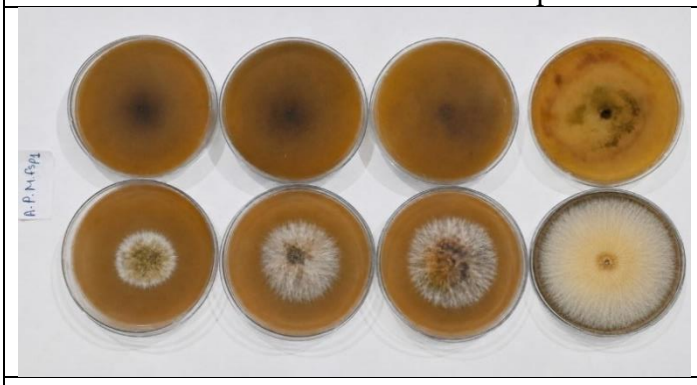
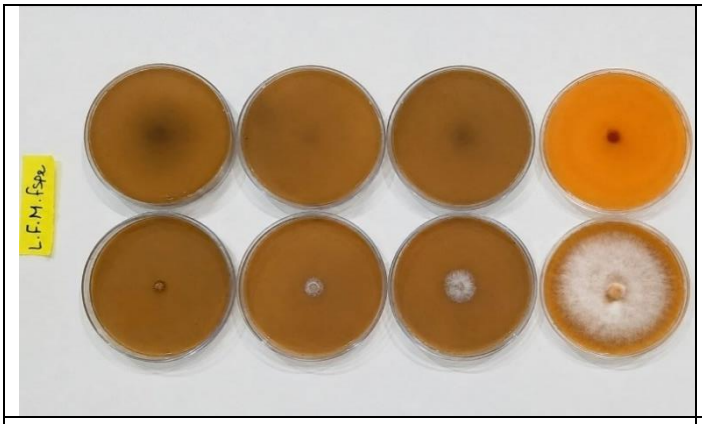
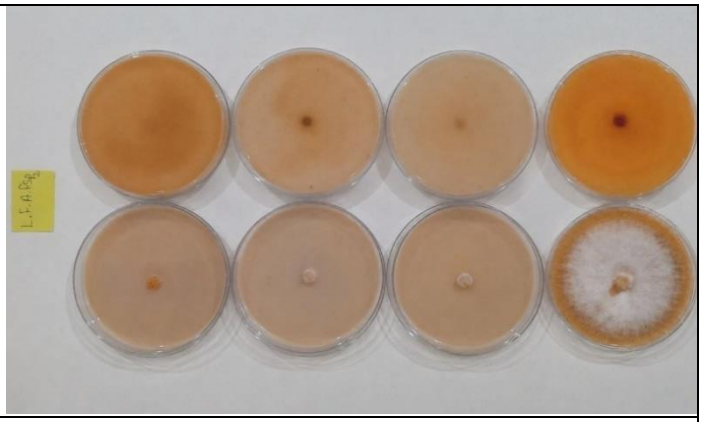
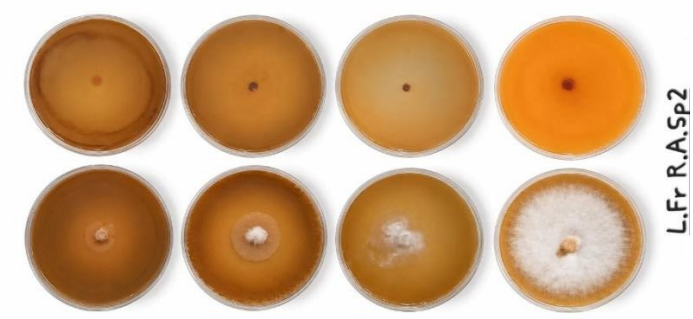
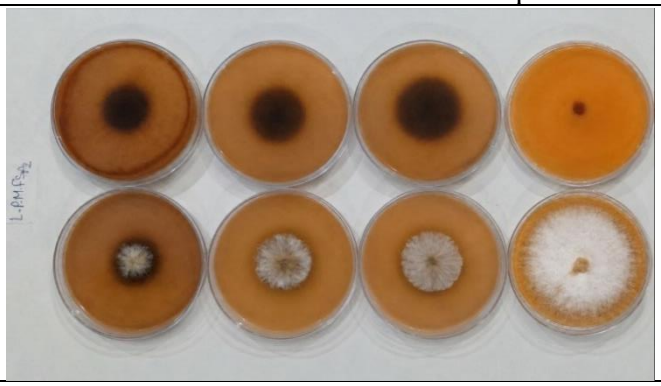
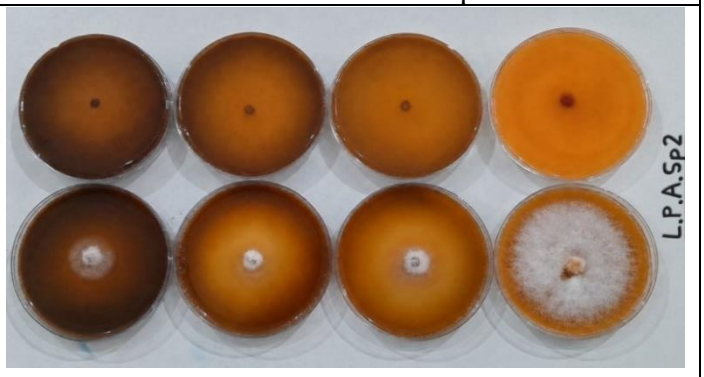
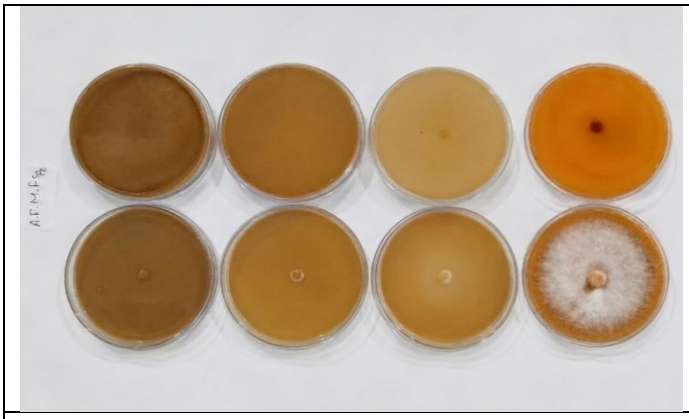
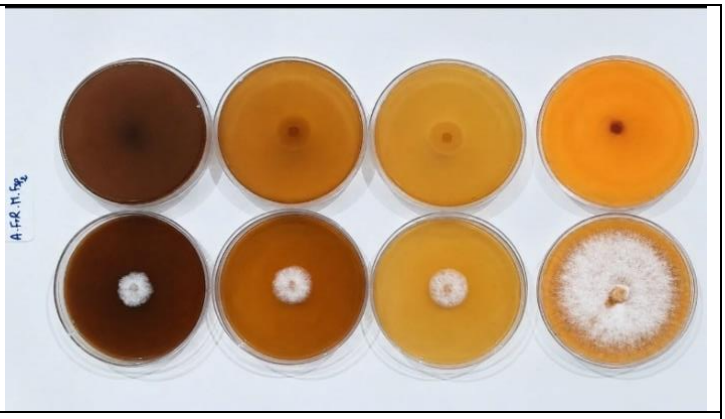
	
Pistacia atlantica Feuilles . Extrait Méthanolique	*Pistacia atlantica* Fruits rouges . Extrait Méthanolique
	
Pistacia atlantica Fruits noirs . Extrait Méthanolique	*Pistacia atlantica* Fruits noirs . Extrait Aqueux
	
Pistacia atlantica Pédoncules . Extrait Méthanolique	*Pistacia atlantica* Pédoncules . Extrait Aqueux

Figure 3: Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour (*Fusarium* sp. 1).

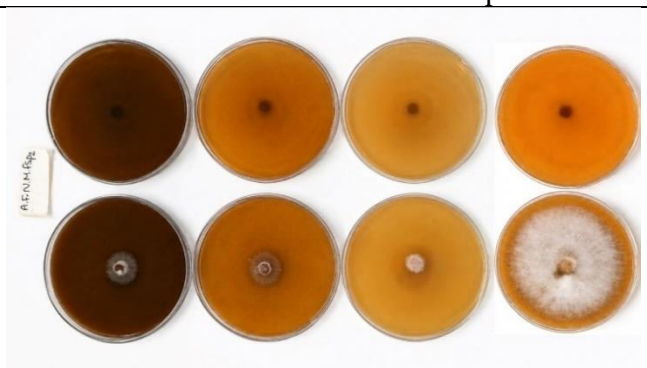
	
Pistacia lentiscus Feuilles . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Feuilles . Extrait Aqueux
	
Pistacia lentiscus Fruits rouges . Extrait Aqueux	
	
Pistacia lentiscus Fruits noirs . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Fruits noirs . Extrait Aqueux
	
Pistacia lentiscus Pédoncules . Extrait Méthanolique	*Pistacia lentiscus* Pédoncules . Extrait Aqueux



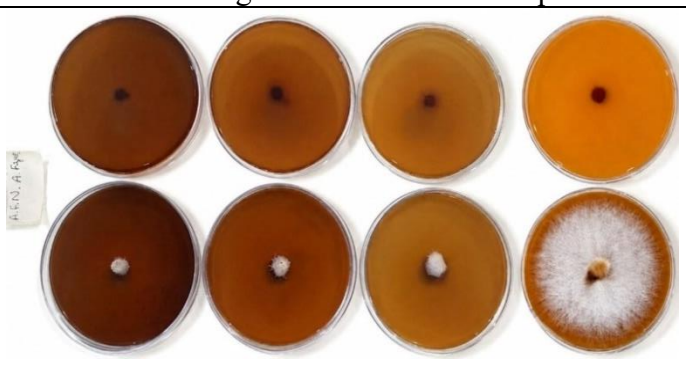
Pistacia atlantica
Feuilles . Extrait Méthanolique



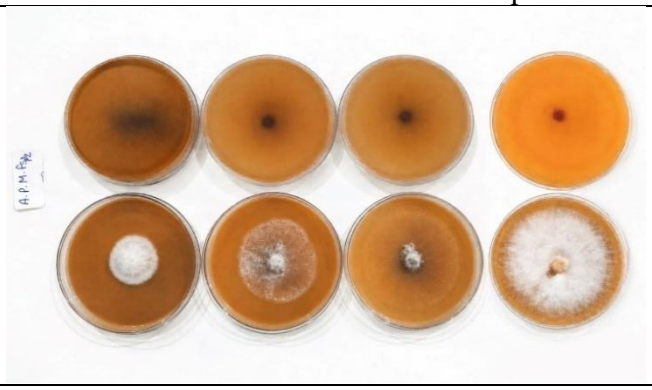
Pistacia atlantica
Fruits rouges . Extrait Méthanolique



Pistacia atlantica
Fruits noirs . Extrait Méthanolique

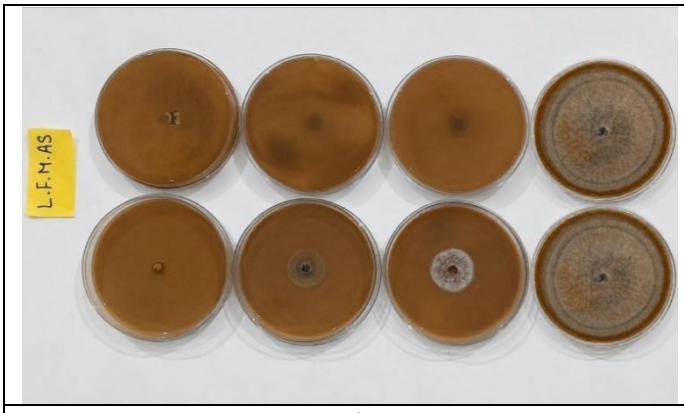


Pistacia atlantica
Fruits noirs . Extrait Aqueux

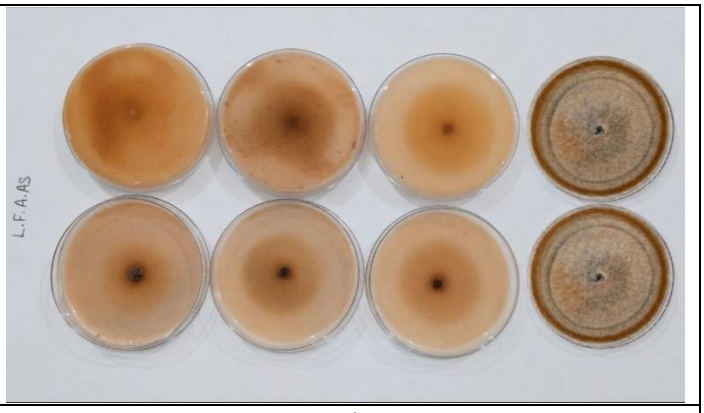


Pistacia atlantica
Pédoncules . Extrait Méthanolique

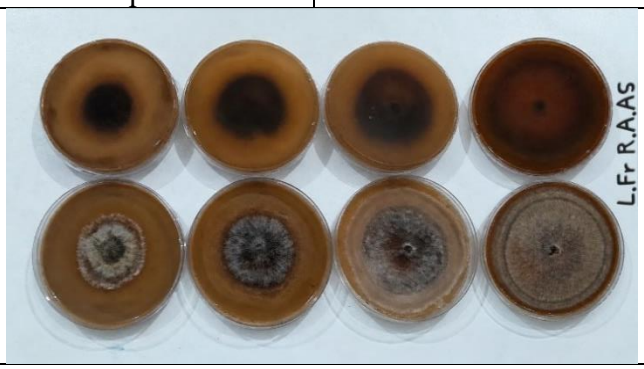
Figure 4: Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour (*Fusarium* sp. 2).



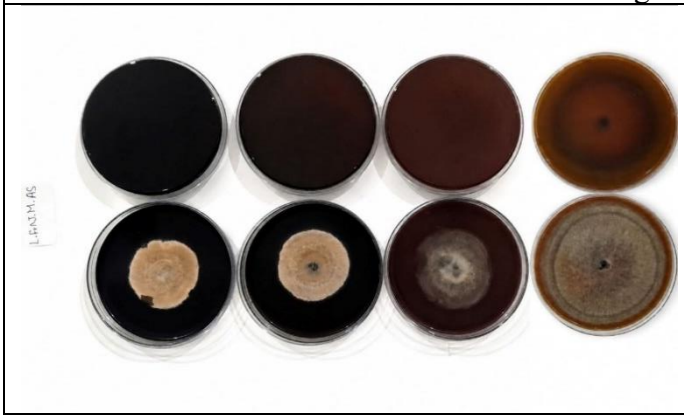
Pistacia lentiscus
Feuilles . Extrait Méthanolique



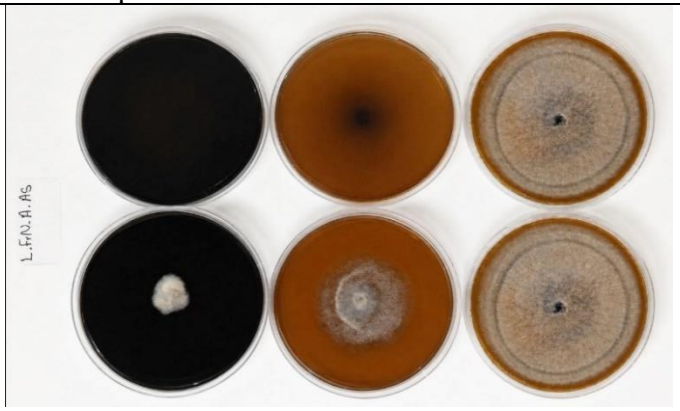
Pistacia lentiscus
Feuilles . Extrait Aqueux



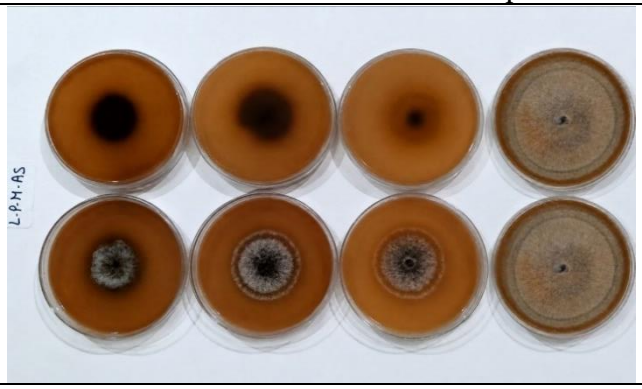
Pistacia lentiscus
Fruits rouges . Extrait Aqueux



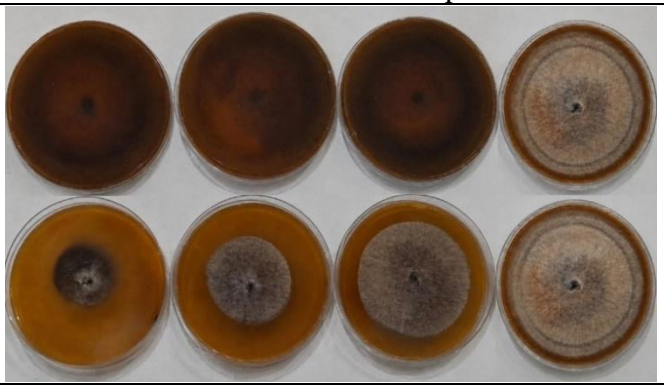
Pistacia lentiscus
Fruits noirs . Extrait Méthanolique



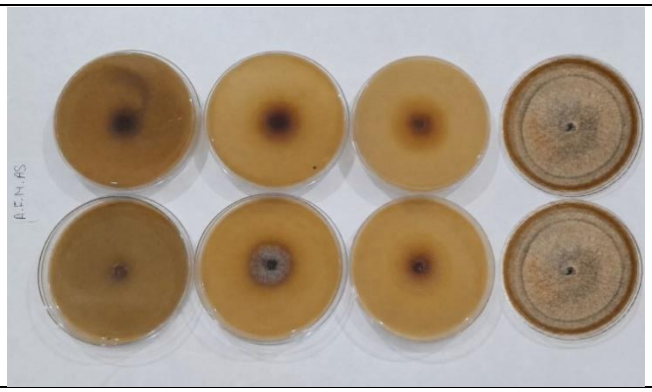
Pistacia lentiscus
Fruits noirs . Extrait Aqueux



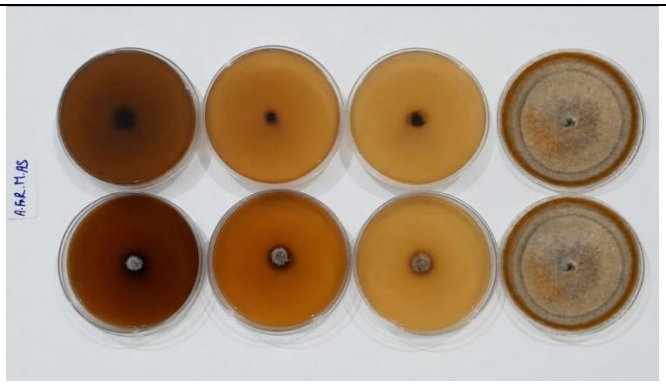
Pistacia lentiscus
Pédoncules . Extrait Méthanolique



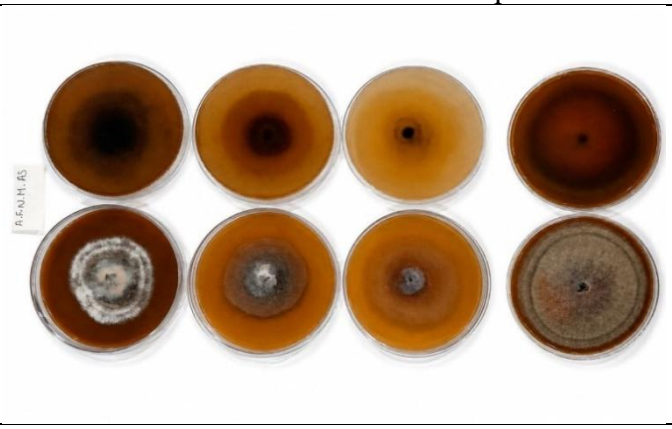
Pistacia lentiscus
Pédoncules . Extrait Aqueux



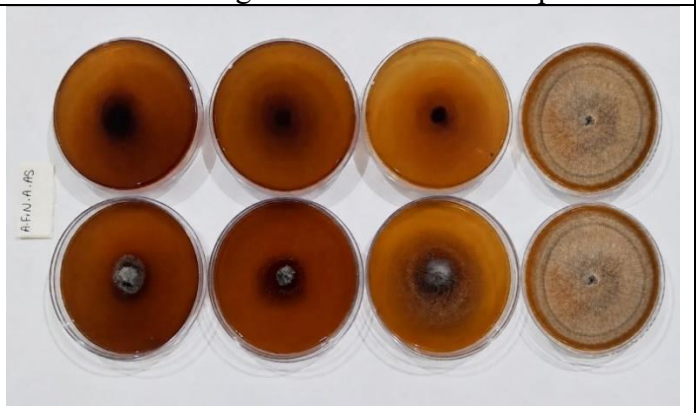
Pistacia atlantica
Feuilles . Extrait Méthanolique



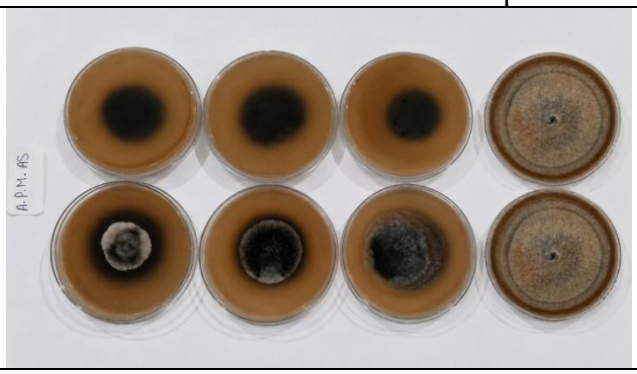
Pistacia atlantica
Fruits rouges . Extrait Méthanolique



Pistacia atlantica
Fruits noirs . Extrait Méthanolique

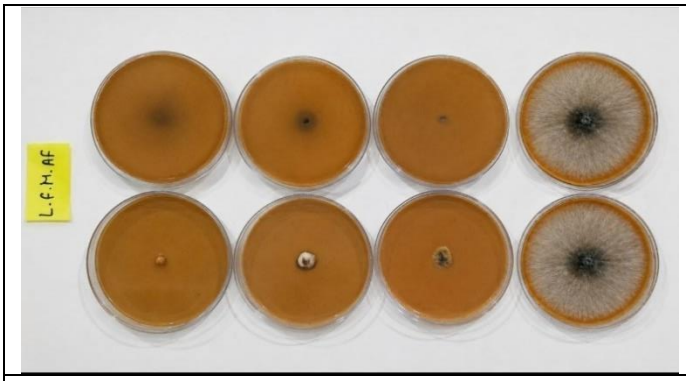


Pistacia atlantica
Fruits noirs . Extrait Aqueux

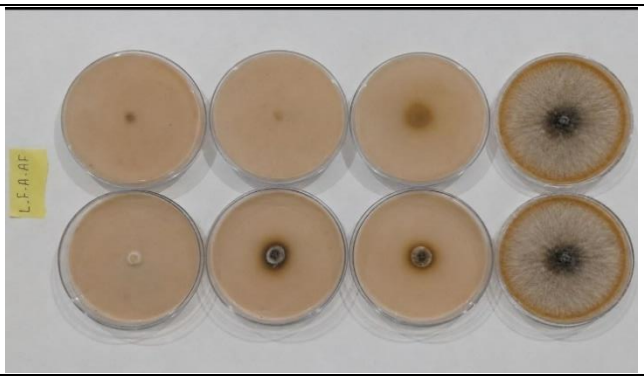


Pistacia atlantica
Pédoncules . Extrait Méthanolique

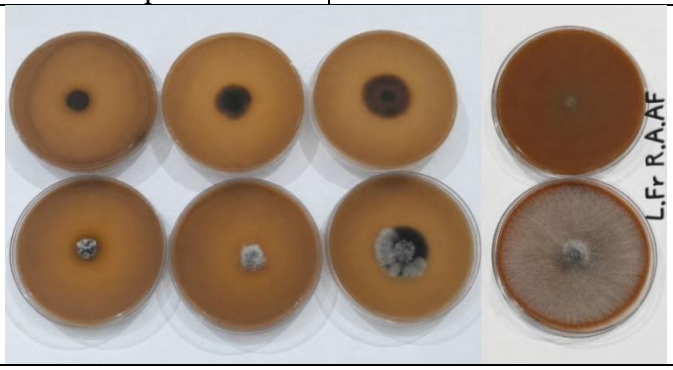
Figure 5: Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour (*Aspergillus* sp. 1).



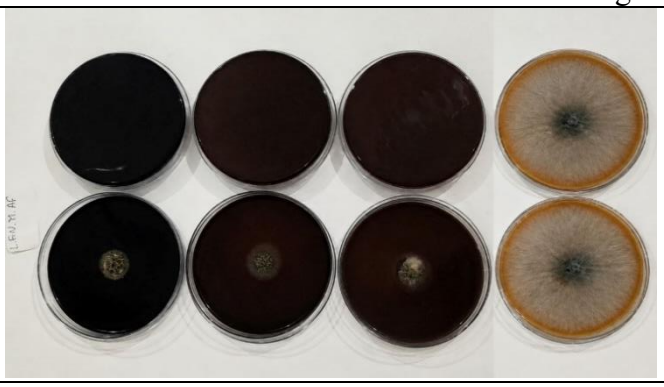
Pistacia lentiscus
Feuilles . Extrait Méthanolique



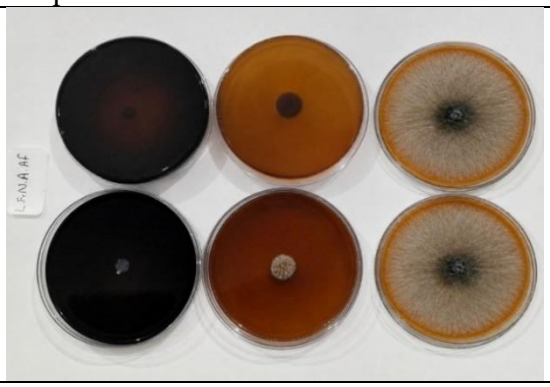
Pistacia lentiscus
Feuilles . Extrait Aqueux



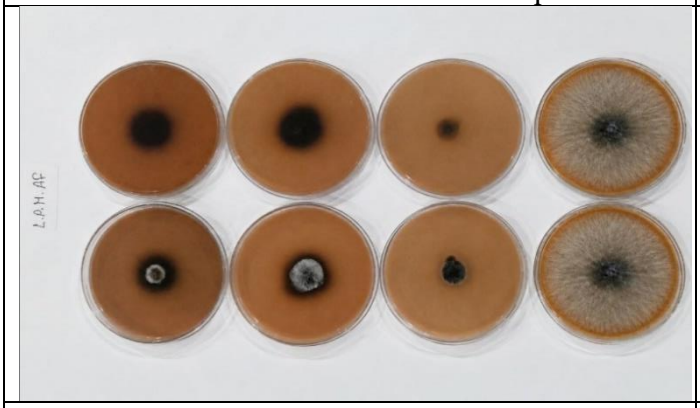
Pistacia lentiscus
Fruits rouges . Extrait Aqueux



Pistacia lentiscus
Fruits noirs . Extrait Méthanolique



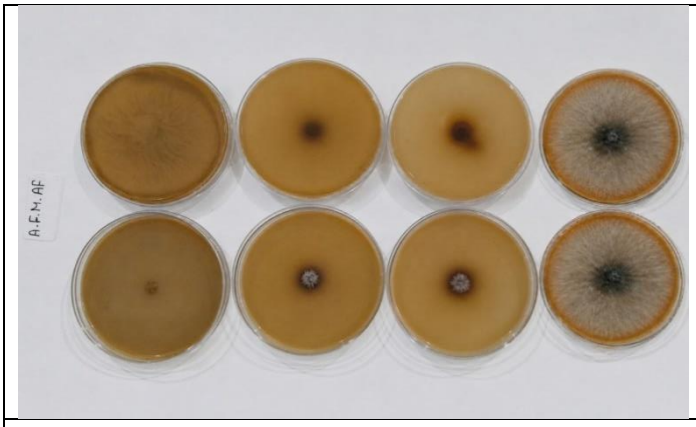
Pistacia lentiscus
Fruits noirs . Extrait Aqueux



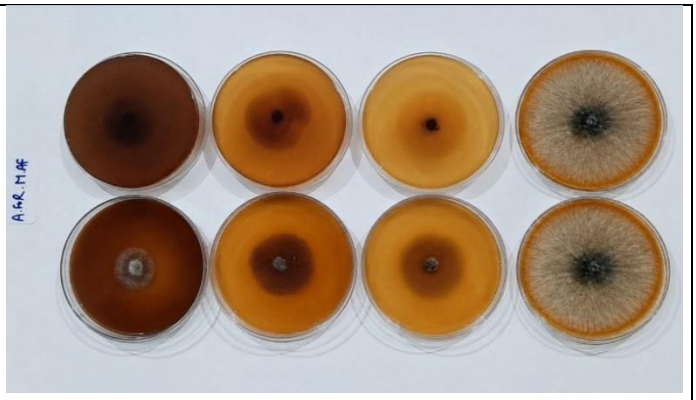
Pistacia lentiscus
Pédoncules . Extrait Méthanolique



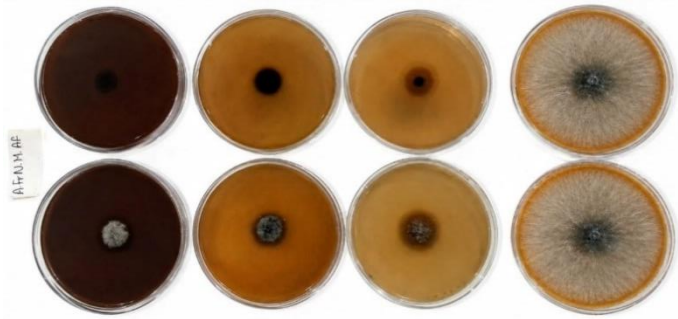
Pistacia lentiscus
Pédoncules . Extrait Aqueux



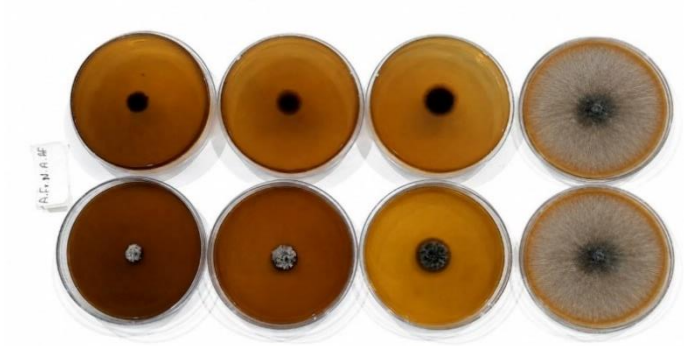
Pistacia atlantica
Feuilles . Extrait Méthanolique



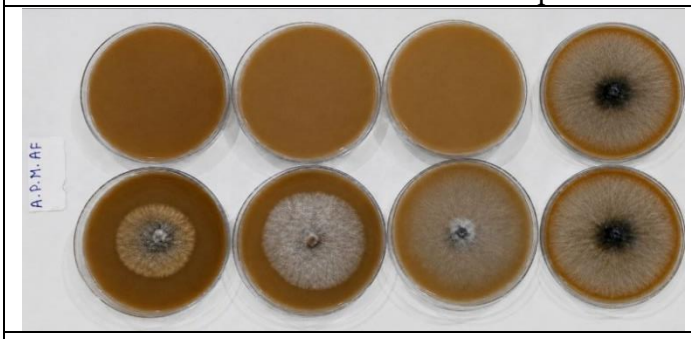
Pistacia atlantica
Fruits rouges . Extrait Méthanolique



Pistacia atlantica
Fruits noirs . Extrait Méthanolique



Pistacia atlantica
Fruits noirs . Extrait Aqueux



Pistacia atlantica
Pédoncules . Extrait Méthanolique

Figure 6: Diamètre des zones d'inhibition (mm) à différentes concentrations pour (*Aspergillus* sp. 2).