

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche
Scientifique
جامعة عين تموشنت - بلحاج بوشعيب
Université Ain Témouchent– Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de l'agroalimentaire



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention de diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie

Filière: Sciences agronomiques

Spécialité : Production végétale

Par:

• **Melle. MÉÇABIH** Aya Anfal

• **Melle. MESSAOUD** Marwa

Thème

Evaluation de l'effet antifongique de trois plantes médicinales -le myrte, le lentisque et la rue fétide – contre les champignons pathogènes (*Botrytis cinerea* , *Aspergillus niger* et *Penicillium expansum*)

Soutenu le : 24/06/2026

Devant le jury composé de:

President: AMARA Mohamed	«MCA»	U.B.B.A.T
Examineur: BENYELES Meryem	«MCB»	U.B.B.A.T
Encadrant: AISSET Amal	«MCB»	U.B.B.A.T

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ
وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

Remerciements

Nous remercions avant tout **ALLAH**, Dieu le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrante, **Dr AISSAT Amal**, pour son accompagnement attentif, sa disponibilité et ses orientations précieuses tout au long de ce projet.

Nous remercions sincèrement les membres du jury, **Dr AMARA Mohamed** en tant que président du jury et **Dr BENYELES Meryem** en tant qu'examinatrice, pour avoir accepté d'évaluer ce travail, ainsi que pour la pertinence de leurs remarques et suggestions.

Nos vifs remerciements s'adressent également à **Dr HAMED Djahira** pour son assistance et sa contribution à la réalisation de ce travail.

Nous adressons aussi nos remerciements à toute **l'équipe du laboratoire** pour leur aide et leurs encouragements.

Un grand merci est également adressé à **la Conservation des Forêts d'Aïn Témouchent** pour sa collaboration et son soutien.

Enfin, nous remercions tous nos enseignants qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours académique.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail avec respect, reconnaissance et affection.

À mon très cher père, source de courage, sagesse et persévérance. Merci pour tous les sacrifices consentis afin de me voir réussir.

À ma très chère mère, pour l'amour, la tendresse, les prières et le soutien indéfectible qui ont illuminé mon chemin et m'ont donné la force d'avancer.

À mes chers frères et à ma chère sœur., Abdelkader, Mohamed et Narimane, pour leur affection, leurs encouragements et leur présence précieuse à mes côtés.

À toute ma grande famille, mes grands-mères, mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines, pour leur affection, leurs encouragements et leurs vœux de réussite.

À mes chères amies, qui ont partagé avec moi les moments de joie, de stress et d'espoir tout au long de ce parcours.

À ma binôme Aya, pour sa collaboration, son sérieux et les efforts partagés durant la réalisation de ce mémoire

Enfin, à toute personnes qui m'ont soutenue, encouragée et accompagnée, de près ou de loin, tout au long de ce parcours et dans la réalisation de ce mémoire, et qui partagent mes réussites avec bienveillance, j'exprime ma profonde gratitude et ma sincère reconnaissance.

Mlle Massoud Marwa

Dédicace

Je dédie ce travail

À mon très cher père,

En témoignage de mon profond amour, mon immense respect et ma reconnaissance infinie pour tous les sacrifices afin de m'offrir la meilleure éducation et un avenir meilleur.

À ma très chère mère,

Toi qui t'es toujours sacrifiée pour mon éducation et mon bonheur, et qui m'as entourée d'un amour et d'une tendresse sans limites, aucun mot ne peut exprimer la profondeur de mon amour, ma gratitude et le respect que je te porte.

À mes chères sœurs Kawter et Salsabil et mon frère Islem .

Pour leur amour, leur soutien indéfectible et leurs encouragements tout au long de mon parcours. Merci d'avoir partagé avec moi les moments de joie et de difficulté.

À ma binôme, Marwa,

En témoignage de notre collaboration, de ton sérieux, de tes efforts et de ta détermination. Ce fut un réel plaisir de partager cette expérience et de travailler avec toi.

À mes meilleures amies, Aya et Khawla,

En souvenir des beaux moments partagés, des rires et des joies vécues ensemble. Merci pour votre présence, votre soutien et cette amitié qui m'est très chère. Je souhaite qu'elle reste forte et sincère au fil des années.

Enfin, Je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont soutenue, aidée et témoigné leur affection tout au long de mon parcours.

Messabih Aya Anfal

Résumé

Les plantes médicinales constituent une source importante de composés bioactifs et représentent une alternative prometteuse aux produits chimiques utilisés dans la lutte contre les agents pathogènes.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles extraites de trois plantes médicinales : *Myrtus communis* (myrte), *Pistacia lentiscus* (lentisque) et *Ruta chalepensis* (rue fétide) en raison de leurs nombreuses propriétés biologiques et afin de proposer une alternative naturelle aux fongicides chimiques utilisés contre les champignons phytopathogènes.

L'extraction des huiles essentielles des plantes choisies a été obtenue par hydrodistillation. L'activité antifongique a été évaluée par la méthode de diffusion sur disques contre trois champignons phytopathogènes : *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum* et *Botrytis cinerea*.

Les résultats obtenus ont présenté un rendement de 0,375 %, 0,17 % et 1,39 % pour le myrte, le lentisque et la rue fétide, respectivement. Ils ont ainsi avéré une sensibilité variable des champignons testés vis-à-vis des huiles essentielles étudiées qui se traduit par une grande zone d'inhibition enregistrée par l'huile essentielle de *Myrtus communis* contre *Penicillium expansum* (28 mm), suivie par celle de *Pistacia lentiscus* (15mm), qui a également montré une activité intéressante contre *Aspergillus niger* (15mm) et *Botrytis cinerea* (11mm). En revanche, l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* n'a présenté aucun effet inhibiteur contre *Botrytis cinerea* et *Aspergillus niger*, tandis qu'une faible activité a été observée contre *Penicillium expansum* (7mm).

Les données de cette étude indiquent que les huiles essentielles de *Myrtus communis* et *Pistacia lentiscus* possèdent une activité antifongique intéressante contre les champignons phytopathogènes étudiés et pourraient être valoriser comme alternative naturelle aux fongicides chimiques dans la conservation Post- récolte des produits alimentaires.

Mots-clés : *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Ruta chalepensis*, huiles essentielles, activité antifongique, diffusion sur disques, champignons phytopathogènes.

الملخص

تُعد النباتات الطبية مصدرًا مهمًا للمركبات الحيوية الفعالة، وتمثل بديلًا واعدًا للمواد الكيميائية المستخدمة في مكافحة العوامل الممرضة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للفطريات للزيوت الأساسية المستخلصة من ثلاثة نباتات طبية (الفجل)، وذلك *Ruta chalepensis* (الضرو)، و *Pistacia lentiscus* (الريحان)، و *Myrtus communis*: هي نظرًا لخصائصها البيولوجية المتعددة، ومن أجل اقتراح بديل طبيعي لمبيدات الفطريات الكيميائية المستخدمة ضد الفطريات الممرضة للنباتات.

وتم تقييم (Hydrodistillation) تم استخراج الزيوت الأساسية للنباتات المختارة بواسطة التقطير المائي النشاط المضاد للفطريات باستخدام طريقة الانتشار بالأقراص ضد ثلاثة أنواع من الفطريات الممرضة *Botrytis cinerea* و *Penicillium expansum* و *Aspergillus niger*: للنباتات.

أظهرت النتائج مردودًا بلغ 0.375% و 0.17% و 1.39% لكل من الأس والمصطكى والفجل على التوالي. كما بينت حساسية متفاوتة للفطريات المختبرة تجاه الزيوت الأساسية المدروسة، حيث سُجلت أكبر منطقة (28 مم)، يليه *Penicillium expansum* ضد *Myrtus communis* تثبيط بواسطة الزيت الأساسي لنبات *Aspergillus* (15 مم)، والذي أظهر أيضًا نشاطًا واعدًا ضد *Pistacia lentiscus* الزيت الأساسي لنبات *Botrytis cinerea* (15 مم) و *niger* (11 مم).

Botrytis cinerea أي تأثير تثبيطي ضد *Ruta chalepensis* في المقابل، لم يُظهر الزيت الأساسي لنبات *Penicillium expansum*، بينما لوحظ نشاط ضعيف ضد *Aspergillus niger* و

تمتلك *Pistacia lentiscus* و *Myrtus communis* تشير بيانات هذه الدراسة إلى أن الزيوت الأساسية لكل من نشاطًا مضادًا للفطريات ذا أهمية ضد الفطريات الممرضة للنباتات المدروسة، ويمكن تثمينها كبديل طبيعي لمبيدات الفطريات الكيميائية في حفظ المنتجات الغذائية بعد الحصاد.

الكلمات المفتاحية الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للفطريات، الانتشار بالأقراص، الفطريات الممرضة *Pistacia lentiscus Myrtus communis Ruta chalepensis*, للنباتات

Abstract

Medicinal plants constitute an important source of bioactive compounds and represent a promising alternative to chemical products used in the control of pathogenic agents.

The aim of this study was to evaluate the antifungal activity of essential oils extracted from three medicinal plants: *Myrtus communis* (myrtle), *Pistacia lentiscus* (lentisk), and *Ruta chalepensis* (fringed rue), due to their numerous biological properties and in order to propose a natural alternative to chemical fungicides used against phytopathogenic fungi.

The extraction of essential oils from the selected plants was carried out by hydrodistillation. Antifungal activity was evaluated using the disc diffusion method against three phytopathogenic fungi: *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, and *Botrytis cinerea*.

The results showed extraction yields of 0.375%, 0.17%, and 1.39% for myrtle, lentisk, and fringed rue, respectively. They also revealed variable sensitivity of the tested fungi to the studied essential oils, as evidenced by the largest inhibition zone produced by the essential oil of *Myrtus communis* against *Penicillium expansum* (28 mm), followed by that of *Pistacia lentiscus* (15 mm), which also exhibited interesting activity against *Aspergillus niger* (15 mm) and *Botrytis cinerea* (11 mm).

In contrast, the essential oil of *Ruta chalepensis* showed no inhibitory effect against *Botrytis cinerea* and *Aspergillus niger*, while a weak activity was observed against *Penicillium expansum* (7 mm).

The findings of this study indicate that the essential oils of *Myrtus communis* and *Pistacia lentiscus* possess promising antifungal activity against the phytopathogenic fungi studied and could be valorized as natural alternatives to chemical fungicides for the postharvest preservation of food products.

Keywords: *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Ruta chalepensis*, essential oils, antifungal activity, disc diffusion, phytopathogenic fungi.

Liste des figures

Figure 1: morphologie des différentes parties aériennes de <i>Myrtus communis</i> L. A : feuilles B : fleurs C : fruits.....	3
Figure 2: Localisation géographique des principaux sites de <i>Myrtus communis</i> en Algérie.....	4
Figure 3: morphologie des différentes parties de <i>Ruta chalepensis</i> { A : Fleur } { B : Fruit } { C : Feuille } { D : La tige } { E : Pétiole }	7
Figure 4: répartition géographique de <i>Ruta chalepensis</i> dans le bassin méditerranéen.....	8
Figure 5: morphologie des différentes parties de <i>Pistacia lentiscus</i>	11
Figure 6: répartition géographique du <i>Pistacia lentiscus</i> en Algérie.	12
Figure 7 : situation géographique de la wilaya d'ain temouchent et localisation des sites de collecte des plantes étudiées	19
Figure 8: les étapes d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de Clevenger + Soxhlet	21
Figure 9 : les souches fongiques utilisées dans les essais	23
Figure 10: : les étapes préparation du milieu des cultures Mueller-Hinton	24
Figure 11: Principales étapes de l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles ..	25
Figure 12: Rendement en huiles essentielles ; A : HE de <i>pistacia lentiscus</i> ; B : HE <i>Myrtus</i> <i>communis</i> ; C : HE de <i>ruta chalepensis</i>	27
Figure 13 : L'activité antifongique des huiles essentielles	29
Figure 14 : Diamètre de la zone d'inhibition (mm) des huiles essentielles contre <i>Botrytis cinerea</i>	30
Figure 15 : Diamètre de la zone d'inhibition (mm) des huiles essentielles contre <i>Aspergillus niger</i>	31
Figure 16 : Diamètre de la zone d'inhibition (mm) des huiles essentielles contre <i>penicillium</i> <i>expansum</i>	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : coordonnées géographique des sites de prélèvement dans la wilaya d'Ain Témouchent.....	23
Tableau 2: matériel, et produits utilisés.....	29
Tableau 3: rendement des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation.....	31
Tableau 4: les résultats des diamètres de zone d'inhibition	33

Liste des abréviations

ADN : acide désoxyribonuléique

ARN: acide ribonucléique

ATP: adénosine triphosphate

APG III: angiosperm phylogeny group III

L : Linnaeus

Cm : centimètre

Mm : millimètre

M : mètre

Km : kilomètre

Km² : kilomètre carré

% : pourcentage

C° : degré celsius

HE : huile essentiel

Table des matières

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

Synthèse bibliographique

Chapitre I: les plantes médicinales et aromatiques

Généralité sur les plantes médicinales et aromatique	4
I. Myrtus communis .L	5
I.1 Nomenclature et taxonomie	5
I.2 Description botanique	5
I.3 Répartition géographique.....	6
I.4 Propriétés biologique et thérapeutique.....	7
I.5 Composition chimique.....	7
I.6 Les composés phénolique	8
II. Ruta chalepensis.....	9
II.1 Nomenclature et taxonomie	9
II.2 Description botanique	9
II.3 Écologie et répartition géographique.....	10
II.4 Propriétés biologiques et thérapeutique	11
II.5 Composition chimique.....	12
II.5.1 Flavonoïdes	12
II.5.2 Alcaloïdes.....	12
II.5.3 Huiles essentielles.....	12
III. Pistacia lentiscus.....	13
III.1 Nomenclature et taxonomie	13
III.2 Description botanique	13
III.3 Répartition géographique.....	14
III.4 Propriété biologique et thérapeutique	15
III.5 Composition chimique.....	16
III.6 Les composés phénoliques.....	16
III.6.1 Les flavonoïdes.....	16
III.6.2 Les alcaloïdes	16
III.6.3 Les huiles essentielles	17

Chapitre II : Les champignons phytopathogènes

II.1	Aperçu général des champignons phytopathogène	19
II.2	Les principaux champignons phytopathogènes.....	19
II. 3	Lutte naturelle contre les champignons phytopathogènes.....	19
II.3	Mode d'action des extraits aqueux et huiles essentielles sur les champignons phytopathogènes.....	20
II.3.1	Perturbation de la membrane et de la paroi cellulaire	20
II.3.2	Dysfonctionnement mitochondrial	20

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Collecte du matériel végétal utilisé:	22
III.2. Traitement des échantillons	22
III.3. Présentation de la zone d'étude	22
III.4. Extraction des huiles essentielles	24
4.1 détermination de rendement d'extraction	25
III.5. Détermination de l'activité antifongique	25
5.1 Identification et conservation des souches	27
5.2 Préparation des suspension sporale	27
5.3 Préparation de l'inoculum	27
5.4 Activité antifongique des extraits	27
5.5 Technique de confrontation	28

Chapitre IV : Resultat et discussion

IV.1.Rendements des huiles essentiell	31
IV.2.Evaluation de l'activité antifongique	32
Conclusion	40

Introduction

Introduction

La conservation des produits agricoles après récolte constitue un enjeu majeur pour la sécurité alimentaire. Les fruits et légumes, étant des produits hautement périssables, sont susceptibles de subir diverses altérations physiologiques et microbiologiques réduisant leur qualité et leur durée de conservation. Ainsi, la mise en place de stratégies efficaces de conservation post-récolte est essentielle pour limiter les pertes alimentaires et préserver la qualité des produits (Kader, (2005); FAO, 2019)

Les maladies post-récolte des fruits et légumes représentent un facteur responsable des pertes alimentaires, parmi lesquels, les pourritures fongiques qui entraînent d'importantes pertes quantitatives et qualitatives et réduisent considérablement la durée de conservation des produits (karabulut et al, 2004)

De nos jours, la lutte chimique constitue une méthode efficace et largement utilisée pour contrôler les agents pathogènes et demeure indispensable dans la protection post-récolte des rendements, dont il est estimé qu'environ 23 millions de kilogrammes de fongicides synthétiques sont utilisés chaque année à l'échelle mondiale. Cependant, l'utilisation de ces produits chimiques peut engendrer, à moyen et long terme, plusieurs effets indésirables, notamment la pollution de l'environnement, la phytotoxicité ainsi que la sélection de populations de pathogènes résistantes.

Récemment, la recherche scientifique a encouragé le développement de stratégies alternatives écologique aux traitements chimiques dites « vertes » ou biofongicides issus de plantes médicinales qui offrent une efficacité antifongique suffisante pour inhiber le développement des champignons responsables des maladies post-récolte de fruits et légumes. (Morcia & Terzi, 2011)

Les plantes médicinales sont riches en composés bioactifs, notamment les huiles essentielles, qui leur confèrent des propriétés antifongiques, antibactériennes et antioxydantes. Ces activités biologiques sont attribuées à leurs métabolites primaires et secondaires ainsi qu'aux interactions entre leurs constituants chimiques. (Bakkali et al, 2008; Dhifi et al, 2016)

la présence de composés chimiques notamment, les métabolites primaires et secondaires, ainsi qu'aux interactions synergiques entre ces différentes substances bioactives (Sanago, 2006)

La région d'Aïn Témouchent possède une riche biodiversité en plantes médicinales et aromatiques, parmi lesquelles *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus* et *Ruta chalepensis*, reconnues pour leur richesse en composés bioactifs et leurs propriétés biologiques.

Introduction

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles de *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus* et *Ruta chalepensis* contre quelques champignons phytopathogènes, en supposant que ces huiles essentielles possèdent des composés bioactifs capables d'inhiber leur croissance.

Ce mémoire est organisé en deux parties principales : une partie bibliographique et une partie expérimentale.

La partie bibliographique comprend deux chapitres. Le premier chapitre est consacré aux plantes médicinales et aromatiques, tandis que le deuxième chapitre traite des champignons phytopathogènes responsables des maladies post-récolte.

La partie expérimentale comporte également deux chapitres. Le premier présente le matériel et méthode, alors que le second expose les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale et des perspectives.

*Synthèse
bibliographique*

***Chapitre I : les plantes
médicinales et aromatiques***

Généralités sur les plantes médicinales et aromatiques :

Depuis l'Antiquité, plante médicinale furent utilisées dans le traitement de nombreuses maladies et constituent une source essentielle de composés naturels d'intérêt pharmacologique dans plusieurs régions du monde notamment en chine et l'inde ainsi à l'époque gréco-romaine.

A partir du 19 -ème siècle l'activité s'est modernisée grâce aux travaux des chimistes qui ont réussi à isoler les principes actifs des plantes, d'où le concept de phytothérapie (Iburg, 2006).

Malgré les progrès de la médecine moderne, leur utilisation demeure largement répandue dans plusieurs régions du monde, notamment dans les pays en développement (Tabuti et al., 2003).

Les plantes médicinales renferment divers métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, les terpènes et les huiles essentielles, responsables de nombreuses activités biologiques et thérapeutiques. Ces composés présentent notamment des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires et antifongiques, ce qui explique l'intérêt croissant porté à leur étude dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et agricole (Halberstein, 2005).

Dans le cadre de cette étude, trois espèces médicinales spontanées largement répandues dans la région d'Aïn Témouchent ont été choisis, à savoir le myrte (*Myrtus communis* L.), la rue d'Alep (*Ruta chalepensis* L.) et le lentisque (*Pistacia lentiscus* L.).

Le choix de ces trois espèces repose non seulement sur leur abondance dans la flore spontanée dans le bassin méditerranéen, leur adaptation aux conditions écologiques locale, et leur utilisation traditionnelle bien documentée, mais également sur leur potentiel biologique prometteur dans la lutte contre les agents phytopathogènes.

En effet, plusieurs travaux ont mis en évidence l'efficacité des extraits végétaux et des huiles essentielles de *Myrtus communis*, *Ruta chalepensis* et *Pistacia lentiscus* contre différents agents pathogènes, notamment des champignons responsables d'importantes pertes agricoles (Bouzabata, 2015 ; Djerrou et al., 2011 ; Tounsi et al., 2011).

I. *Myrtus communis* .L

I. 1. Nomenclature et taxonomie

Nom scientifique : *Myrtus communis* L.

Arabe: Riḥane الريحان

Français: herbe du lagui, myrte commun.

Anglais: common myrtle, Greek myrtle, myrtle, sweet myrtle.

Cette espèce se positionne dans la nouvelle classification de l'APG 3, d'après Goetz (2012) :

Règne : *Plantae*

Sous-règne : *Tracheobionta*

Embranchement : *Spermatophytæ*

Sous Embranchement : *Angiospermae*

Classe : *Magnoliopsida* (Dicotylédones)

Ordre : *Myrtales*

Famille : *Myrtaceae*

Genre : *Myrtus*

Espèce : *Myrtus communis* L.

I. 2. Description botanique

Le myrte commun est un arbrisseau buissonnant atteignant 1 à 2 m de hauteur, à feuillage dense persistant d'un vert brillant (glabre), émettant une odeur aromatique due aux glandes sécrétrices foliaires riches des huiles essentielles. Les rameaux sont filiformes, teretes, initialement verts et tomenteux (légèrement poilus), brun orangé à maturité.

Les feuilles sont simples, entières, ovales-lancéolées (longueur 2-3 fois la largeur), à limbe coriace, pétiole très court (<1mm), opposées, à nervation pennée disposée en plume.

Les fleurs actinomorphes et hermaphrodites, fleurissent début été, regroupées en cyme axillaire unipare. Calice dialytépale (4-5 sépales), corolle dialypétale à 5 pétales blancs orbiculaires, androcée diplostémonée hirsute (étamines en deux verticilles), bractées caduques, fortement nectarifères.

Les fruits sont des baies ovales de 6-8 mm, noir-bleutées à péricarpe charnu succulent, couronne calicinale apicale persistante ; goût astringent dû aux tanins, comestibles avec modération (Barboni, 2006 ; Quézel & Santa, 1963)

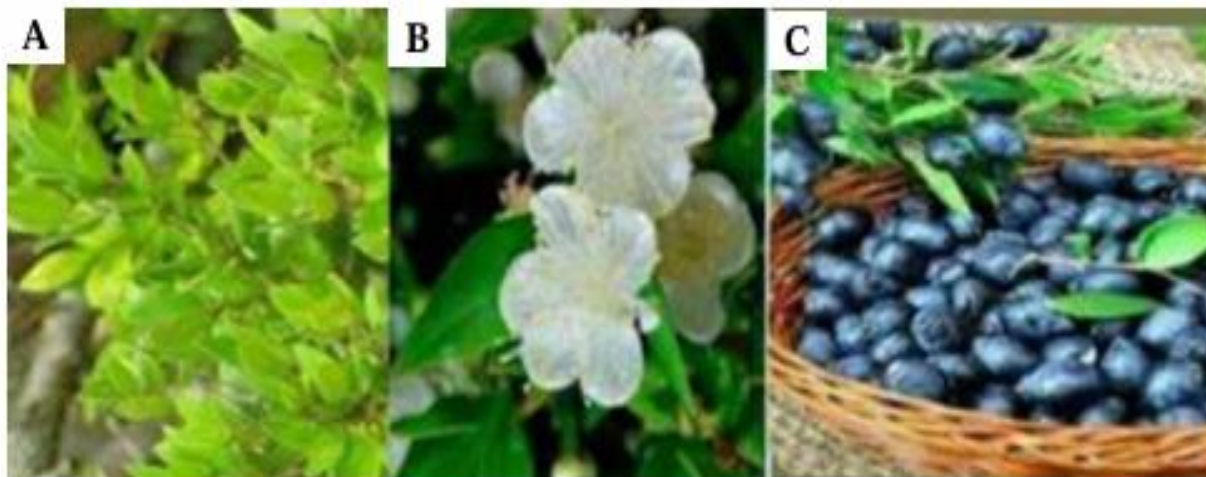


Figure 1. Morphologie des différentes parties aériennes de *Myrtus communis* L. A : feuilles B : fleurs C : fruits (Dellaoui, 2021)

I. 3. Répartition géographique

Le genre *Myrtus* constitue l'unique genre indigène de la famille des *Myrtaceae* présent dans les régions méditerranéennes et sahariennes, bien que cette famille soit majoritairement tropicale. *Myrtus communis* L. possède une large répartition circum-méditerranéenne, s'étendant à la Macaronésie (Açores, Madère) et à la région irano-touranienne (massifs de l'Alborz et du Zagros, région de Kerman en Iran) (Migliore, 2011).

En Algérie, cette espèce se développe spontanément dans l'Atlas tellien ainsi que dans les zones côtières, notamment autour d'Alger et Constantine, où elle est localement désignée sous les appellations « rihan » ou « mersin » (Quézel & Santa, 1962). Bien que de nombreuses variétés de myrte aient été décrites, cette diversité reflète surtout le polymorphisme foliaire de *Myrtus communis*, sans divergence phylogénétique réelle. Seul un autre taxon est reconnu dans le genre : *Myrtus nivellei*, ou myrte de Nivelles (Migliore, 2011).

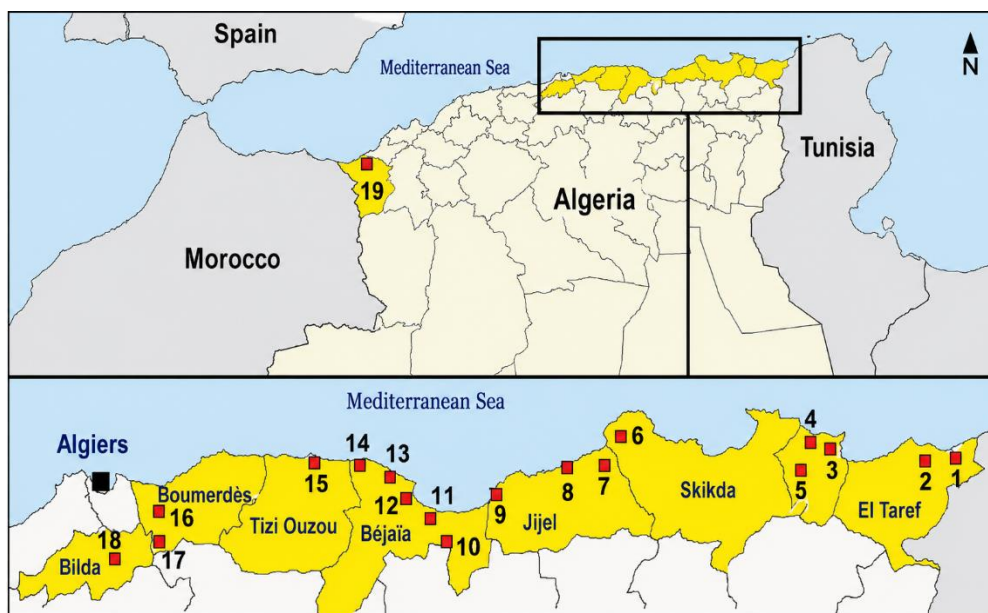


Figure 02 : Localisation des principaux sites de *myrtus communis* en Algérie

(Mohamadi *et al.*, 2021)

I. 4. Propriétés biologiques et thérapeutiques

Les infections fongiques constituent aujourd'hui un défi majeur de santé publique, particulièrement chez les immunodéprimés, stimulant la recherche d'agents antifongiques naturels à faible toxicité et moindre risque de résistance. Les huiles essentielles représentent une alternative prometteuse grâce à leur aptitude à renforcer l'activité des antifongiques synthétiques. Parmi elles, l'huile essentielle de *Myrtus communis* se distingue par ses propriétés antiseptiques et désinfectantes bien documentée (Bouzabata, 2015).

Par ailleurs, ses huiles essentielles montrent une activité antibactérienne marquée contre divers pathogènes, ainsi des effets anti-inflammatoires et analgésiques, dont le myrtucommulone A, constitue un composé majeur ayant des propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires et anticancéreuses (Decendit, 2016).

I. 5. Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. en Algérie présente une variabilité notable, largement rapportée dans la littérature scientifique. Bien que la majorité des études mettent en évidence une prédominance de l' α -pinène et du 1,8-cinéole, les proportions relatives de ces constituants varient sensiblement selon l'origine géographique des populations étudiées.

Des investigations approfondies, réalisées à partir d'un échantillonnage représentatif de plusieurs régions algériennes, ont montré que les huiles essentielles issues du Nord-Est du pays présentent une composition relativement homogène, dominée par l'association α -pinène/1,8-cinéole et caractérisée par l'absence d'acétate de myrtényle. Toutefois, des analyses statistiques menées à plus large échelle ont permis d'identifier deux groupes chimiques majeurs au sein des populations algériennes de myrte, différenciés principalement par les teneurs en α -pinène, 1,8-cinéole, linalol et acétate de linalyle. Par ailleurs, les résultats disponibles suggèrent que cette variabilité chimique serait davantage liée à des facteurs génétiques qu'aux conditions pédoclimatiques locales.

À l'échelle méditerranéenne, le profil chimique du myrte algérien apparaît proche de ceux décrits en Corse, en Tunisie et en Sardaigne, tout en se distinguant nettement des profils observés au Maroc et dans la péninsule Ibérique, généralement caractérisés par la présence d'acétate de myrtényle. L'ensemble de ces données confirme ainsi l'existence de plusieurs chémotypes au sein de l'espèce, dont la caractérisation demeure essentielle pour une meilleure valorisation phytochimique, pharmacologique et aromatique de cette ressource végétale. (Bouzabata, 2015)

➤ Les composés phénoliques

Les recherches sur les composés phénoliques du myrte se sont principalement intéressées aux feuilles et aux fruits, bien que certaines études aient également porté sur les fleurs et les tiges (Cook, 1996). Ces travaux ont mis l'accent sur l'identification et la caractérisation des principales classes de composés phénoliques, notamment les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins. Les extraits de *Myrtus communis* L. renferment divers acides phénoliques, parmi lesquels l'acide ellagique, l'acide caféique, l'acide syringique, l'acide vanillique et l'acide férulique. Les tanins identifiés comprennent essentiellement les gallotannins et les proanthocyanidines. En outre, les flavonoïdes présents dans les extraits de myrte sont représentés principalement par des flavonols tels que la myricétine, la myricétine 3-O-galactoside, la myricétine 3-O-rhamnoside, la quercétine 3-glucoside et la quercétine 3-rhamnoside, ainsi que par des flavanols dérivés de la catéchine (Aleksic et Knezevic, 2014) (Franco et al., 2019)

II. *Ruta chalepensis*

II. 1. Nomenclature et taxonomie

Nom scientifique : *Ruta chalepensis* L.

Arabe: Al-Fijel, Al-Fijen, Sadhab Halabi, الفيجل , الفيجن , سذاب حلبى , Awermi en Tamazigh

Français: La rue d'alep ou rue de Chalep

Anglais: fringed rue, Aleppo rue (Quézel & Santa, 1963).

Sur le plan taxonomique, *Ruta chalepensis* est positionnée selon la classification phylogénétique APG III comme suit :

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Tracheobionta*

Embranchement : *Spermatophytæ*

Sous Embranchement : *Angiospermae*

Classe : *Magnoliopsida*

Super ordre : *Rutanae*

Ordre : *Sapindales*

Famille : *Rutaceæ*

Espèce : *Ruta chalepensis*

I. 2. Description botanique

Le genre *Ruta*, de la famille des *Rutaceae*, a été décrit par Linnée en 1753. Le nom issu du grec ancien, signifie « *qui libère* » ou « *qui soulage* », en allusion aux propriétés médicinales reconnues depuis l'Antiquité (Duval, 1992).

Ruta chalepensis, ou rue d'Alep, est une espèce aromatique originaire du bassin méditerranéen. Son épithète *chalepensis* renvoie à Alep (Syrie), région d'origine des premiers spécimens décrits (Benistone, 1984).

Cette espèce se distingue des autres représentants du genre *Ruta* par plusieurs caractères morphologiques spécifiques, notamment des lobes de capsule rapprochés et des pétales denticulés et ciliés sur leurs marges (Lamarck, 1804).

C'est une herbacée vivace à base ligneuse, spontanée ou cultivée, atteignant 80 cm à 1 m de haut (Bergheul, 2017 ; Aïssa, 1999). Les tiges dressées, cylindriques, rameuses, glabres et vert glauque, ne portent pas de glandes (Lamarck, 1804 ; Bock, 2011).

Les feuilles composées, profondément divisées en segments ovales à oblongs (parfois lancéolés), sont vert bleuâtre, glanduleuses, à odeur fétide et saveur amère dues aux huiles essentielles (Tounsi et al., 2011 ; Bergheul, 2017).

La floraison estivale produit des fleurs jaunes foncé (1-2 cm de diamètre) en cymes ou corymbes terminaux. Chaque fleur a un calice court glabre, 4-5 pétales concaves ondulés denticulés et ciliés, 8-10 étamines et un ovaire supérieur (Bergheul, 2017 ; Lamarck, 1804 ; Günaydın et al., 2005).

Les fruits sont des capsules globuleuses (6-9 mm) à graines noires, avec lobes rapprochés, critère clé d'identification (Lamnauer & Batanouny, 2005).

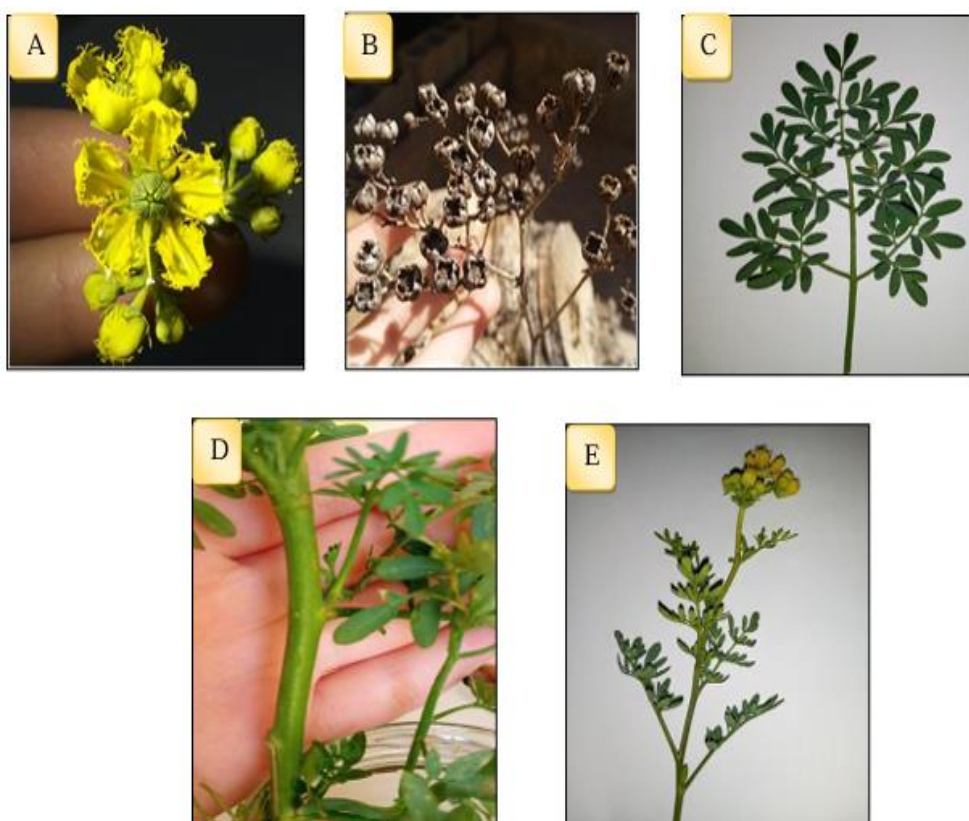


Figure 03: Illustration des différentes parties de la plante { A : Fleur } { B : Fruit } { C : Feuille } { D : La tige } { E : Pétiole } (houas Y, 2021)

II. 3. Écologie et répartition géographique

C'est une espèce typiquement méditerranéenne largement répartie en Afrique du Nord, dans le sud de l'Europe, au sud-ouest de l'Asie ainsi que dans plusieurs régions tempérées et subtropicales du monde (Mioulane, 2004 ; Bergheul, 2017). En Algérie, cette espèce est très abondante à l'état

spontané, particulièrement dans les régions méditerranéennes et les zones montagneuses de l'Atlas saharien, colonise préférentiellement les terrains calcaires, les rocailles, les collines sèches, les pelouses naturelles et les affleurements rocheux. Sa capacité d'adapter à des conditions écologiques relativement arides explique sa large distribution dans les milieux xériques méditerranéens (Bergheul, 2017).



Figure 04 : répartition géographique de *Ruta chalepensis* dans le bassin méditerranéen (Bennaour., 2018)

II. 4. Propriétés biologiques et thérapeutique

Depuis l'Antiquité, les espèces du genre *Ruta* occupent une place importante dans les pratiques médicinales traditionnelles. Les Grecs les utilisaient principalement comme antidotes et plantes protectrices, tandis que les Romains leur attribuaient des propriétés bénéfiques pour l'amélioration de la vision. Plusieurs appellations vernaculaires, telles que « rue fétide », « rue puante », « herbe de grâce » ou encore « péganion », confirment l'odeur intense et caractéristique dégagée par les parties aériennes de cette plante (Clevely & Richmond, 1997).

Ruta chalepensis se distingue particulièrement par sa richesse en métabolites secondaires bioactifs, notamment les huiles essentielles, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les furanocoumarines, auxquels sont attribuées de nombreuses activités biologiques et pharmacologiques (Iserin, 2001).

De plus, certains composés spécifiques, tels que la chalépensine, ont démontré une activité inhibitrice contre *Streptococcus mutans*, bactérie impliquée dans le développement des caries dentaires (Gomez-Flores, 2016).

Des études pharmacologiques ont également mis en évidence des propriétés antinociceptives, anti-inflammatoires, antipyrétiques et analgésiques, confirmant ainsi l'intérêt thérapeutique potentiel de cette plante médicinale (Aguilar-Santamaría & Tortoriello, 1996 ; González-Trujano et al., 2006 ; Lauk et al., 2004).

II. 5. Composition chimique

Les parties aériennes séchées renferment une grande diversité de métabolites secondaires, notamment les alcaloïdes de type furoquinoline, parmi lesquels la γ -fagarine et la dictamnine, ainsi que des composés coumariniques tels que le bergaptène (5-méthoxypsoralène) et la chalépensine (Elizondo-Luévano et al., 2023).

➤ Flavonoïdes

La plante est particulièrement riche en flavonoïdes, dont le principal représentant est la rutine, présente à des concentrations pouvant atteindre 2 à 5 %. Ce composé, également appelé vitamine P, est connu pour ses propriétés antioxydantes et protectrices des capillaires sanguins (Dewick, 2002 ; Lamnaouer, 2002).

➤ Alcaloïdes

Les alcaloïdes constituent un groupe important de métabolites secondaires azotés impliqués dans les mécanismes de défense des plantes contre les agents pathogènes et les herbivores. Chez *Ruta chalepensis*, ces composés présentent un intérêt pharmacologique considérable en raison de leurs activités biologiques variées (Alibi et al., 2021).

Dont les racines sont particulièrement riches en alcaloïdes de type furoquinoline tels que la kokusaginine, la skimmianine et la gravéoline, ainsi qu'en alcaloïdes acridoniques comme la 1-hydroxy-N-méthylacridone et le chalaridon (Schmelzer & Gurib-Fakim, 2013).

➤ Huiles essentielles

L'huile essentielle de *Ruta chalepensis* possède une odeur forte et pénétrante, souvent qualifiée de fétide, ainsi qu'une saveur amère et âcre. Son aspect physique varie selon le procédé d'extraction utilisé, pouvant aller d'un liquide fluide à une substance visqueuse (Bernadet et al., 1989).

Les principaux constituants volatils identifiés dans cette huile essentielle sont le 2-nonanone et le 2-undécanone, deux composés cétoniques responsables d'une grande partie des propriétés biologiques et aromatiques de l'espèce (Mejri et al., 2010).

III. *Pistacia lentiscus*

III. 1. Nomenclature et taxonomie

Nom scientifique :

Arabe: dherou الضرو أو البطم العدسي, Imidek ou Tidakth ou Amadagh en kabyle (Bouta 2021)

Français: lentisque

Anglais: mastic tree

La classification de *Pistacia lentiscus* est illustrée selon (Quézel & Santa, 1963)

Règne : *Plantae*

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédone

Ordre : *Sapindale*

Famille : *Anacardiaceae*

Genre : *Pistacia*

Espèce : *Pistacia lentiscus* L

III. 2. Description botanique

Pistacia lentiscus est un arbrisseau mesurant entre 1 et 3 mètres de hauteur, largement répandu dans les régions arides du bassin méditerranéen, notamment en Asie, en Europe, en Afrique ainsi qu'aux îles Canaries (Bellakhdar, 2003). Ses feuilles, persistantes, composées et paripennées, sont constituées de 4 à 10 folioles elliptiques, coriaces et brillantes, portées par un pétiole nettement ailé (Hans, 2007).

Les fleurs, de couleur brunâtre, sont regroupées en inflorescences denses de type spiciforme. Elles produisent de petits fruits charnus de type drupe, de forme subglobuleuse, dont la couleur évolue du rouge au noir à maturité (Boullard, 2001). Chaque fruit, d'environ 2 à 3 mm de diamètre, contient une seule graine et atteint généralement sa maturité en automne.

Par ailleurs, l'incision du tronc provoque l'exsudation d'une résine naturelle appelée mastic, utilisée notamment en parfumerie après distillation (Belfadel,



Figure 05 : les différents organes de *Pistacia lentiscus* (Cliché Massoud et Messabih, 2026)

III.3. Répartition géographique

Pistacia lentiscus est une espèce thermophile largement répandue dans les régions méditerranéennes, où elle se développe spontanément dans des milieux arides, subhumides et semi-arides. Cette espèce présente une grande capacité d'adaptation écologique et peut croître sur différents types de sols, avec une préférence pour les terrains siliceux pauvres en potassium et en phosphore (Djerrou, 2011).

En Algérie, le lentisque occupe principalement l'étage thermo-méditerranéen et se rencontre surtout dans les zones forestières du nord du pays, notamment le long du littoral méditerranéen. Il est dispersé dans divers habitats soumis à des variations climatiques liées au rayonnement solaire, à la température et aux précipitations. Cette espèce est également présente dans plusieurs formations végétales, en particulier dans le bassin de la Soummam, où elle est fréquemment associée à des essences forestières telles que le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne-liège ((Aït Saïd, 2011 ; Belfadel, 2009).

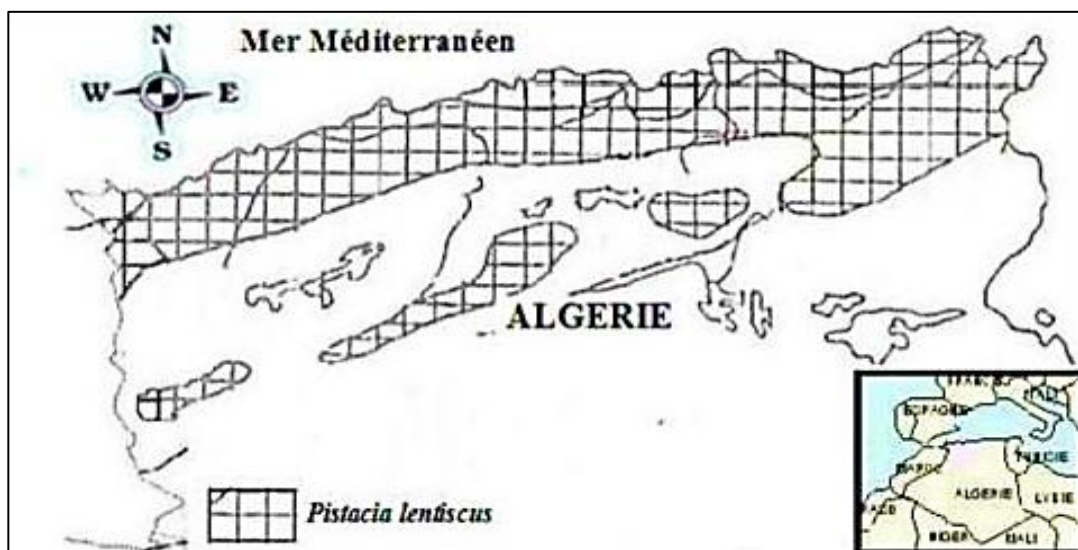


Figure 06 : la répartition du *Pistacia lentiscus* en Algérie (Quezel & Santa., 1962)

III. 4. Propriété biologique et thérapeutique

Pistacia lentiscus constitue une source importante de composés bioactifs présentant diverses activités biologiques et pharmacologiques. Depuis l'Antiquité, différentes parties de cette plante sont utilisées en médecine traditionnelle méditerranéenne pour leurs propriétés thérapeutiques (Ljubuncic et al., 2005 ; Delille, 2007).

La décoction des racines séchées est traditionnellement utilisée pour soulager les inflammations intestinales et gastriques, ainsi que dans le traitement des ulcères (Palevitch, 2000). La résine extraite de cette espèce, connue sous le nom de mastic, possède plusieurs propriétés biologiques, notamment analgésiques, antibactériennes, antifongiques, antioxydantes et diurétiques. Elle est utilisée dans la prise en charge de diverses affections telles que l'hypertension artérielle, l'eczéma, les ulcères gastro-duodénaux, les calculs rénaux, ainsi reconnu pour son

efficacité dans le traitement de certaines pathologies telles que l'asthme et les infections respiratoires (Dellai et al., 2013 ; Baytop, 1999).

Les feuilles de la plante présentent également un intérêt thérapeutique important grâce à leurs activités anti-inflammatoires, antibactériennes, antifongiques, antipyrétiques, astringentes et hépatoprotectrices. Elles possèdent aussi des propriétés expectorantes et stimulantes (Ferradji, 2011).

III.5. Composition chimique

Les métabolites secondaires regroupent une grande diversité de composés chimiques synthétisés par les plantes (Amlan et Jyotisna, 2010). Ces substances jouent un rôle essentiel dans les interactions entre la plante et son environnement, notamment dans les mécanismes de défense contre les agents pathogènes, les herbivores et différents stress abiotiques (Greathead, 2003). Les métabolites secondaires sont principalement répartis en trois grandes familles : les composés phénoliques, les composés azotés (alcaloïdes) et les terpénoïdes (Lüttge et al., 2002).

➤ *Les composés phénoliques*

Les composés phénoliques constituent une vaste classe de substances organiques dérivées du phénol (C_6H_5OH) (Walton et Brown, 1999). Ils sont présents dans l'ensemble des organes végétaux et interviennent dans plusieurs processus physiologiques, notamment la croissance et la différenciation cellulaires. Ces composés présentent de nombreuses propriétés biologiques et sont largement utilisés en thérapeutique en raison de leurs activités anti-inflammatoires, antioxydantes, antimicrobiennes et inhibitrices enzymatiques (Djemai, 2008).

➤ *Les flavonoïdes*

Les flavonoïdes sont des pigments végétaux largement répandus dans le règne végétal. Ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Djemai, 2008). Leur structure chimique est constituée d'un noyau benzoïque portant plusieurs groupements hydroxyles, ce qui les classe parmi les polyphénols. Ces groupements hydroxyles sont à l'origine de leurs importantes propriétés antioxydantes (Collin et Crouzet, 2011).

➤ *Les alcaloïdes*

Les alcaloïdes représentent une classe importante de métabolites secondaires azotés. Selon leur origine biosynthétique et leur structure chimique, ils sont répartis en trois catégories principales :

Les alcaloïdes vrais : dérivés d'acides aminés et possédant un atome d'azote intégré dans un système hétérocyclique, comme l'hyoscyamine ;

Les pseudo-alcaloïdes : présentant des caractéristiques proches des alcaloïdes vrais, mais non dérivés d'acides aminés, comme la coniine ;

Les proto-alcaloïdes : amines simples dont l'atome d'azote n'est pas inclus dans un noyau hétérocyclique, comme la cathinone (Bruneton, 1999).

➤ *Les huiles essentielles*

L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* est obtenue principalement par hydrodistillation des parties aériennes de la plante, notamment les feuilles, les rameaux, les fleurs et les baies, est peut-être également extraite de la gomme de mastic, issue de la résine de la plante. Elle se caractérise par une couleur jaune, une odeur aromatique et un goût légèrement piquant (Negro et al., 2015).

Plusieurs études ont montré que la composition chimique de cette huile essentielle est très variable, en raison des interactions entre les facteurs génétiques de la plante et les conditions environnementales biotiques et abiotiques (Catalani et al., 2017 ; Negro et al., 2015).

L'huile extraite des fruits du lentisque possède également des propriétés thérapeutiques intéressantes. Elle est notamment utilisée chez les personnes diabétiques et pour soulager les douleurs gastriques (Hmimsa, 2004). En usage externe, cette huile est appliquée sous forme de baume pour le traitement des brûlures et des douleurs dorsales (Bensegueni, 2007). Administrée par voie orale, elle est également utilisée dans le traitement des affections respiratoires d'origine allergique ainsi que des ulcères gastriques (Iserin, 2001 ; Baudoux, 2003).

Chapitre II : Les Champignons phytopathogènes

II.1 Aperçu général des champignons phytopathogènes

Les champignons telluriques regroupent plusieurs genres capables d'infecter les racines des plantes et d'entraîner d'importants dégâts. Parmi les principaux genres phytopathogènes figurent *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Pythium*, *Verticillium* et *Botrytis*. Ces champignons sont responsables de nombreuses maladies affectant diverses cultures, notamment les cultures maraîchères, les céréales et d'autres espèces végétales (Agrios, 2005) (Ils représentent près de 70 % des agents responsables des maladies des plantes cultivées (Deacon, 2005) .

II. 2. Les principaux champignons phytopathogènes

Les maladies fongiques des plantes sont provoquées par des champignons phytopathogènes capables de perturber les fonctions physiologiques des végétaux et de réduire leur productivité. Ces agents pathogènes pénètrent dans la plante par différentes voies telles que les racines, les stomates ou les blessures mécaniques. Une fois installés, ils produisent des enzymes et des toxines responsables de la dégradation des tissus végétaux, entraînant différents symptômes tels que le flétrissement, les taches foliaires, les nécroses ou les pourritures (Agrios, 2005).

Parmi les principaux champignons phytopathogènes figure *Botrytis cinerea*, un champignon nécrotrophe responsable de la pourriture grise chez un grand nombre d'espèces végétales. Il attaque principalement les organes aériens tels que les feuilles, les fleurs et les fruits, provoquant leur dégradation et entraînant d'importantes pertes économiques, aussi bien au champ qu'en post-récolte (Elad et al, 2004) .

Aspergillus niger est également impliqué dans différentes formes de pourritures affectant plusieurs produits agricoles, tandis que *Penicillium expansum* est connu pour provoquer la pourriture des fruits, notamment en période post-récolte. Ces maladies représentent une contrainte importante pour l'agriculture puisqu'elles entraînent des pertes considérables en rendement et en qualité des récoltes (Dean et al, 2012; Fisher et al, 2012) .

II. 3. Lutte naturelle contre les champignons phytopathogènes

L'utilisation des extraits aqueux et des huiles essentielles issus des plantes médicinales représente une approche prometteuse pour la lutte contre les champignons phytopathogènes. Cette stratégie suscite un intérêt croissant en raison des effets néfastes liés à l'usage intensif des fongicides chimiques, notamment la résistance des agents pathogènes, la contamination de l'environnement et les risques potentiels pour la santé humaine (Agrios, 2005).

Les extraits aqueux sont obtenus par macération, infusion ou décoction des différentes parties végétales, tandis que les huiles essentielles sont principalement extraites par hydrodistillation. Ces produits naturels renferment divers métabolites secondaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les terpènes, reconnus pour leurs propriétés biologiques et antifongiques (Bakkali et al, 2008).

L'activité antifongique de ces composés s'exerce par différents mécanismes d'action. Ils peuvent perturber l'intégrité de la membrane cellulaire des champignons, provoquer une fuite des constituants intracellulaires, inhiber la germination des spores ou encore bloquer la croissance du mycélium. Certains composés sont également capables de interférer avec des processus métaboliques essentiels tels que la synthèse des protéines et la respiration cellulaire (Nazzaro et al, 2017).

Ainsi, l'utilisation des produits naturels d'origine végétale constitue une alternative durable aux fongicides de synthèse. Leur emploi s'inscrit dans une démarche de protection intégrée des cultures visant à préserver l'environnement tout en assurant une meilleure qualité des productions agricoles (Isman, 2006) .

II. 4. Mode d'action des extraits aqueux et huiles essentielles contre les champignons phytopathogènes

➤ Perturbation de la membrane et de la paroi cellulaire

La paroi cellulaire des champignons joue un rôle essentiel dans leur croissance et leur survie. Elle est constituée principalement de chitine, de glucanes et de mannoprotéines, ce qui en fait une cible importante des substances antifongiques. (Nazzaro et al, 2017)

Les huiles essentielles exercent leur activité antifongique en altérant la paroi et la membrane cellulaire des champignons. Cette altération provoque une augmentation de la perméabilité membranaire, entraînant ainsi une fuite des constituants intracellulaires. De plus, certaines huiles essentielles peuvent inhiber des processus biosynthétiques indispensables, notamment la synthèse de l'ADN, de l'ARN et des protéines (Nazzaro et al, 2017).

➤ Dysfonctionnement mitochondrial

Certaines huiles essentielles peuvent également perturber le fonctionnement des mitochondries des cellules fongiques. Elles agissent en inhibant l'activité de plusieurs enzymes mitochondriales impliquées dans la production d'énergie, notamment la lactate déshydrogénase, la malate déshydrogénase et la succinate déshydrogénase, cette inhibition entraîne une diminution de la

production d'ATP, indispensable au métabolisme cellulaire, ce qui affecte les fonctions vitales de la cellule et conduit progressivement à la mort des cellules fongiques (Nazzaro et al, 2017).

Chapitre III : Matériels et méthode

III.1. Collecte du matériel végétal

Nos essais portent sur des plantes récoltées de différents sites de la wilaya d'Aïn Témouchent. Le lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) a été collecté le 26 avril 2026 dans la forêt de Sassel. Le myrte commun et la rue fétide ont été récoltés le 09 mai 2026. Le myrte a été prélevé dans la région d'El K'bbar, située dans la commune d'Oulhaça El Gheraba, tandis que la rue fétide a été récoltée dans une zone comprise entre Ouled Taoui et la plage de Sassel.

III.2. Traitement des échantillons

Après la récolte, les échantillons végétaux ont été soigneusement nettoyés afin d'éliminer les impuretés et les parties altérées. Ils ont ensuite été soumis à un séchage naturel à température ambiante dans un endroit sec, aéré et à l'abri de la lumière afin de préserver au mieux leurs composés bioactifs. Une fois le séchage terminé, le matériel végétal a été conservé dans des sachets en papier propres jusqu'à son utilisation pour l'extraction des huiles essentielles et la réalisation des différentes analyses.

III.3. Présentation de la zone d'étude

La wilaya d'Aïn Témouchent est située dans le nord-ouest de l'Algérie, à environ 520 km de la capitale Alger et couvre une superficie de 2 376,89 km².

Elle est limitée par plusieurs grandes villes de l'Ouest algérien. Elle se situe à environ 70 km d'Oran au nord-est, à 70 km de Sidi Bel Abbès au sud-est et à 75 km de Tlemcen au sud-ouest. Elle dispose en outre d'une façade maritime d'environ 80 km de long bordant la mer Méditerranée. Cette façade côtière confère à la région une grande diversité de paysages et de conditions écologiques favorables au développement d'une végétation méditerranéenne riche et variée.



Figure 7 : situation géographique de la région d'Aïn Témouchent et localisation des sites de collecte des plantes étudiées

Le tableau ci-dessous représente les coordonnées géographiques des sites de prélèvement du matériel végétal utilisé dans ce travail.

Tableau 1 : coordonnées géographiques des sites de prélèvement dans la wilaya d'Aïn Témouchent

Site de prélèvement	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
El Kebbar	35°14'01 .74 N	1°30'19.65W	249.71
Ouled Taoui	35°28'14.42 N	1°07'45.85 W	64.15
Forêt de Sassel	35°29'33.56 N	1°12'07.64 W	102.91

➤ Relief

La région étudiée est caractérisée par un relief varié composé de plaines, de collines et de faibles élévations montagneuses. Les sites de collecte se situent principalement sur des terrains légèrement accidentés favorables à l'installation de la végétation naturelle méditerranéenne.

➤ Climat

La région d'Aïn Témouchent appartient à l'étage bioclimatique semi-aride moyen. Ce type de climat se caractérise par un hiver doux et humide et un été chaud et sec. Cependant, l'influence maritime contribue à maintenir des températures relativement modérées tout au long de l'année.

En hiver, les températures moyennes varient généralement entre 10 et 15 °C, pendant l'été les températures moyennes sont comprises entre 25 et 35 °C.

La région présente des précipitations moyennes irrégulières avec une pluviométrie moyenne annuelle variant généralement entre 300 mm et 500 mm, elle est marquée par une longue sécheresse estivale dont le mois le plus sec est Juillet avec des précipitations presque nulles (environ 2 mm.) et une saison humide en hiver, dont le mois le plus pluvieux, Novembre avec des cumuls mensuels moyens avoisinant les 53 mm.

➤ Sol

- La région d'Aïn Témouchent est caractérisée par des sols généralement de nature argilo-calcaire à limono-argileuse, adaptés au développement des espèces végétales spontanées du maquis méditerranéen.

III.4. Extraction des huiles essentielles

Les échantillons végétaux de *Myrtus communis* (myrte), *Ruta chalepensis* (rue fétide) et *Pistacia lentiscus* (lentisque), préalablement séchés à l'abri de la lumière et de l'humidité, ont été soumis à une hydrodistillation pour l'obtention de leurs huiles essentielles. Celles du myrte et de la rue fétide ont été extraites à l'aide d'un appareil de type Clevenger, tandis que celle du lentisque a été obtenue à l'aide d'un appareil d'hydrodistillation de type Soxhlet modifié.

Le distillat recueilli permet la séparation d'huile essentielle de la phase aqueuse par différence de densité, qui sera ensuite récupérée et conservée dans des flacons en verre ambré hermétiquement fermés à une température de -18°C jusqu'à leur utilisation dans les essais antifongiques.

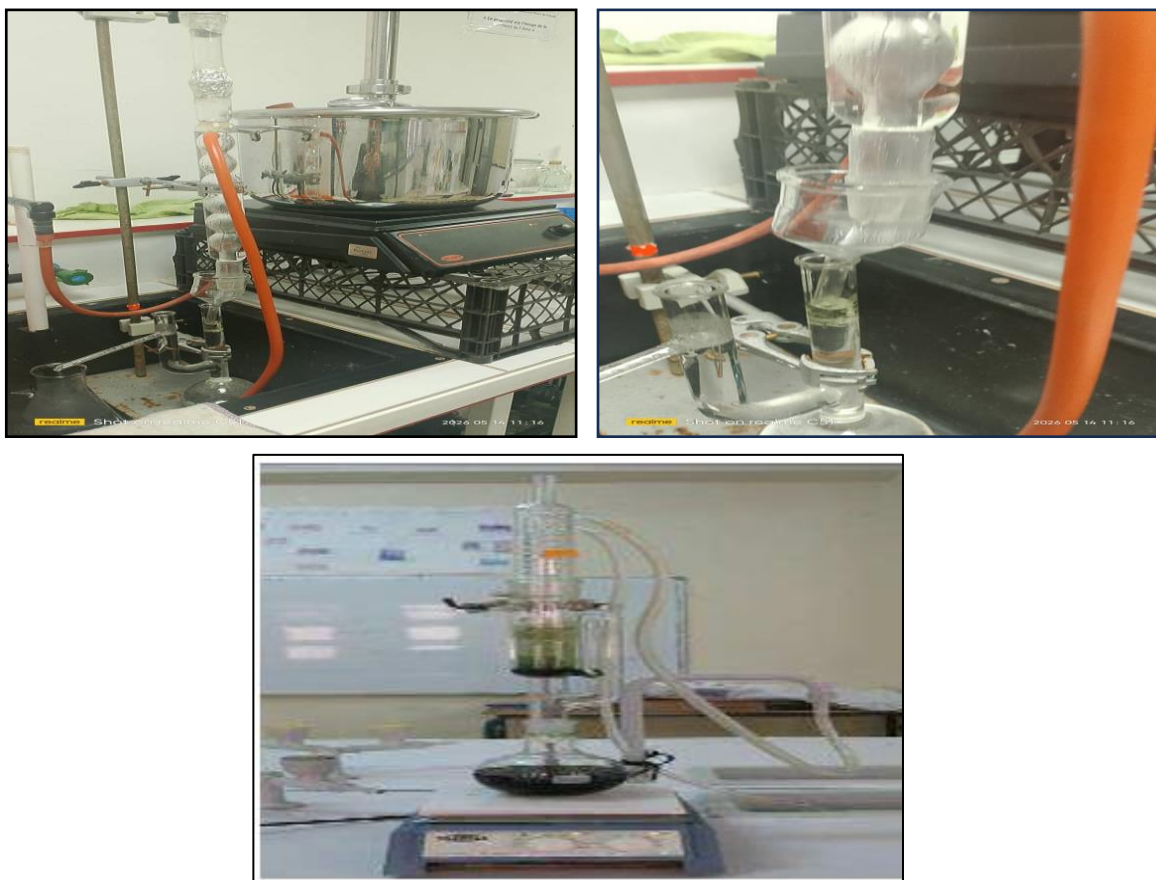


Figure 08 : les étapes d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de Clevenger + Soxlet (Feknous *et al*, 2014)

4. 1. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction des huiles essentielles a été déterminé à la fin de processus d'hydrodistillation afin d'évaluer l'efficacité de l'extraction et comparer l'aptitude des différentes espèces végétales à produire des huiles essentielles dans les mêmes conditions expérimentales.

Le rendement est exprimé en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$R (\%) = (\text{Quantité d'huile essentielle obtenue} / \text{Masse de matière végétale utilisée}) \times 100$$

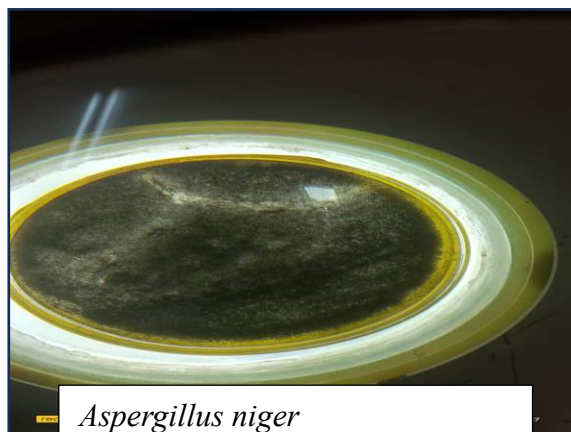
Où :

- **R** : rendement d'extraction (%),
- **HE** : quantité d'huile essentielle obtenue,
- **M** : masse de matière végétale utilisée pour l'extraction.

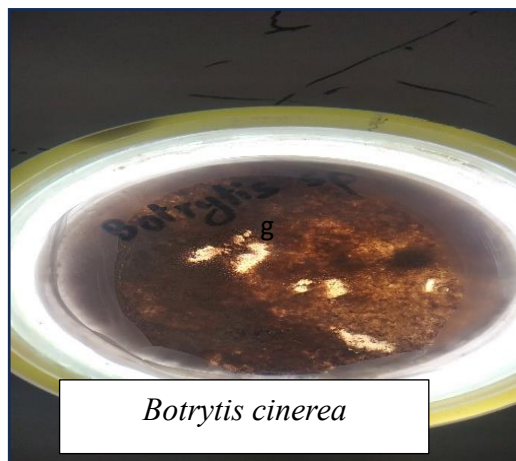
III.5. Détermination de l'activité antifongique

5. 1. Mise en culture des champignons

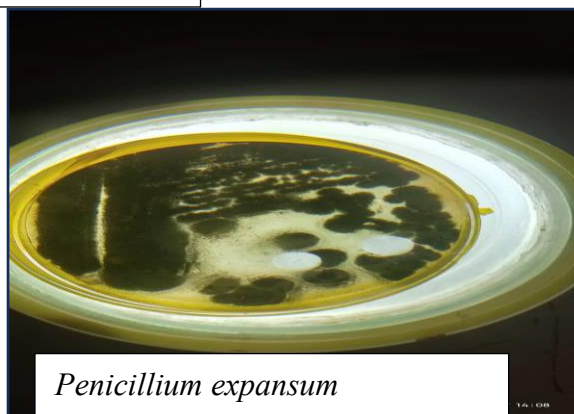
Les essais antifongiques ont été réalisés sur trois champignons phytopathogènes : *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger* et *Penicillium expansum* (**Figures 08**). Ces souches ont été utilisées pour évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des plantes étudiées.



Aspergillus niger



Botrytis cinerea



Penicillium expansum

Figure 09 : les souches fongiques utilisées dans les essais

L'activité antifongique et la culture des souches ont été effectuées sur un milieu gélosé Mueller-Hinton (MH). Nous avons préparé ce milieu par dissolution de 38 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Après homogénéisation complète, la solution a été stérilisée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes, avant d'être répartie en boîtes de Pétri stériles (**voir Figure 09**).



Figure 10 : les étapes préparation du milieu des cultures Mueller-Hinton

5. 2. Identification et conservation des souches

Les souches fongiques utilisées ont été fournies et identifiées par DR. HAMAD D. au niveau du laboratoire de microbiologie et biologie végétale université de Mostaganem Abdelhamid ben Badis, puis conservées dans le réfrigérateur à une température de 4 °C au niveau du laboratoire de biologie jusqu'à leur utilisation.

5. 3. Préparation de la suspension sporale

La suspension sporale a été préparée à partir des cultures fongiques. Les spores ont été mises en suspension dans une solution physiologique stérile puis homogénéisées afin d'obtenir une suspension uniforme utilisée pour l'ensemencement des champignons dans les boîtes de Pétri.

5. 4. Préparation de l'inoculum

L'inoculum fongique a été préparé à partir de la suspension sporale obtenue dans l'eau physiologique stérile. La suspension a été homogénéisée avant son utilisation pour les essais antifongiques.

5. 5. Activité antifongique des extraits

L'activité antifongique des huiles essentielles a été évaluée par la méthode de diffusion sur disque. Après stérilisation, le milieu Mueller-Hinton a été coulé dans des boîtes de Pétri stériles puis laissé à température ambiante jusqu'à sa solidification complète.

Une suspension fongique a été préparée en prélevant une petite quantité de mycélium à partir d'une culture pure, puis en la mettant en suspension dans de l'eau physiologique stérile. La suspension obtenue a été ensemencée uniformément à la surface du milieu de culture à l'aide d'un écouvillon stérile.

Des disques stériles ont ensuite été imprégnés d'huiles essentielles à l'aide d'une pince stérile, puis déposés au centre des boîtes de Pétri ensemencées. Toutes les manipulations ont été réalisées dans des conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen afin d'éviter toute contamination. Les instruments utilisés ont été régulièrement flambés au cours des différentes étapes expérimentales.

Après un temps de diffusion des huiles essentielles dans le milieu, les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 72 heures. À l'issue de l'incubation, l'activité antifongique a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition exprimés en millimètres (mm).



Figure 11 : Principales étapes de l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles

5. 6. Technique de confrontation

Les boîtes de Pétriensemencées et contenant les disques imprégnés d'huiles essentielles ont été incubées à 30 °C pendant 72 heures. Après incubation, l'activité antifongique a été déterminée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition observées autour des disques. Les résultats ont été exprimés en millimètres (mm).

Matériels et méthodes

Tableau 2: Matériel, et produits utilisés au cours de l'étude

Matériels	Produits utilisés
Bec bunsen	Eau distillée
Autoclave	Eau physiologique stérile
Étuve	Milieu mueller-hinton (MH)
Boîtes pétri stériles	Huile essentielle de <i>mytus communis</i>
Écouvillon stériles	Huile essentielle de <i>pistacia lentiscus</i>
Disque de papier stériles	Huile essentielle de <i>ruta chalepensis</i>
Bécher	
Flacon	
Balance	
Une pince	
Spatule	
Porte tube	
Tubes à essai stériles	
Agitateur magnétique	
Incubateurs	
Réfrigérateurs de laboratoire	
Barreau aimanté	

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Rendement des huiles essentielles

Les résultats du rendement en huiles essentielles des trois plantes étudiées sont représentés par la **figure 12** et le **tableau 03**.

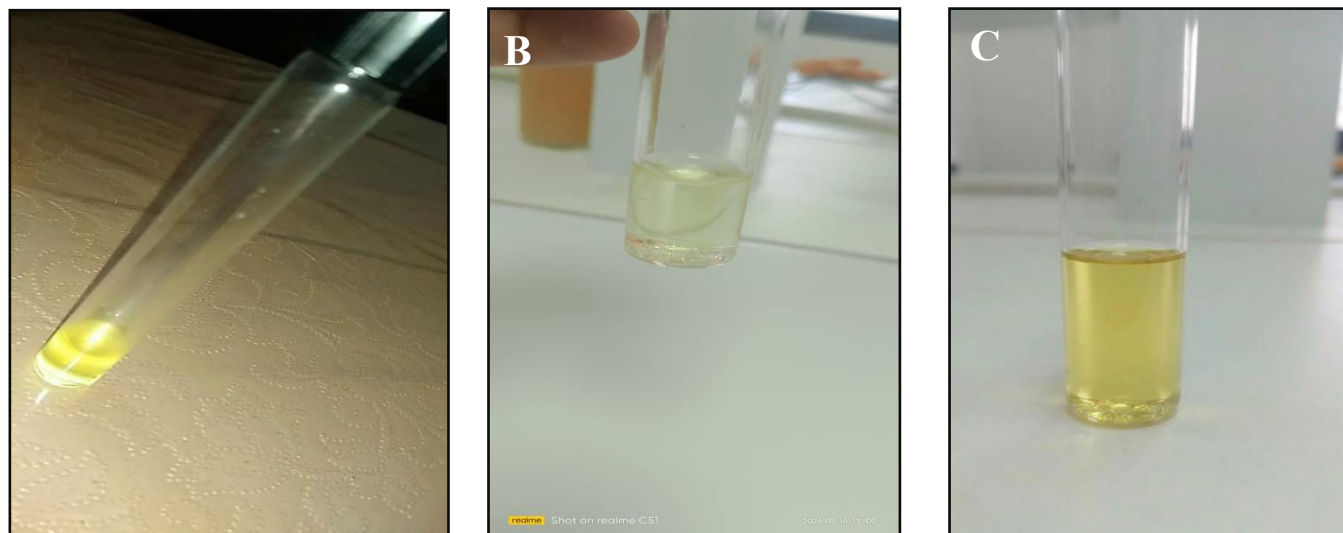


Figure 12 : Rendement en huiles essentielles ; A : HE de *Pistacia lentiscus*; B : HE *Myrtus communis* ; C : HE de *Ruta chalepensis*

Tableau 03 : rendement des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation

Espèces	Quantité de la biomasse sèche (en g)	Volume d'huile essentielle (ml)	Rendement (%)
Myrte	800	3	0,375
Lentisque	688	1,2	0,17
Rue fétide	790	11	1,39

A partir des résultats obtenus nous constatons que le rendement le plus élevé a été enregistré chez *Ruta chalepensis* avec une valeur de 1,39 %, suivi de *Myrtus communis* avec 0,375 %. En revanche, *Pistacia lentiscus* a présenté le rendement le plus faible, soit 0,17%.

La variabilité de la quantité/rendement d'huile essentielle extraite entre les espèces étudiées peut être due aux plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique de la plante, la nature des organes utilisés, la période de récolte, le taux d'humidité du matériel végétal et la méthode d'extraction employée (Belhasaini *et al.*, 2022 ; Mechergui *et al.*, 2021).

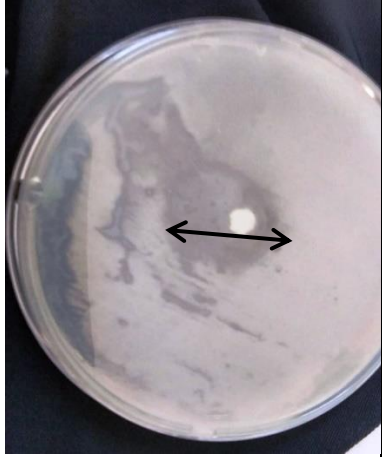
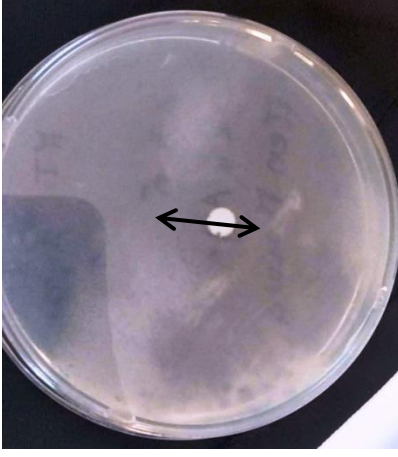
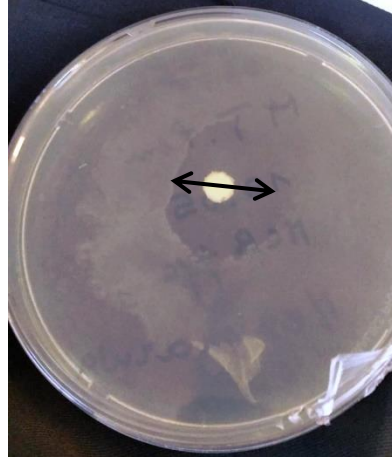
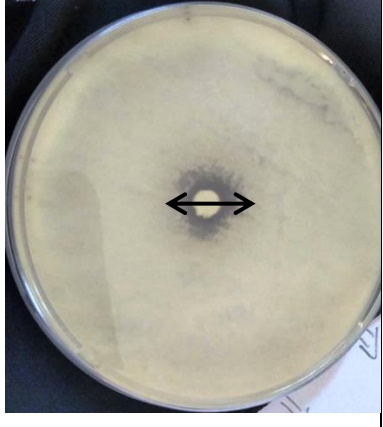
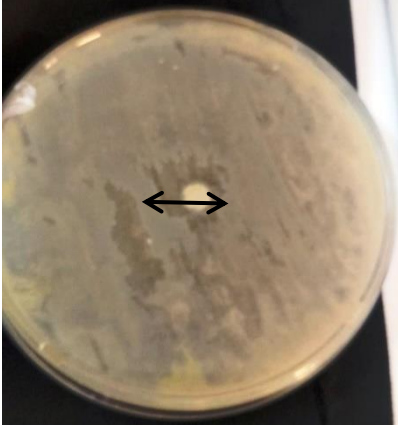
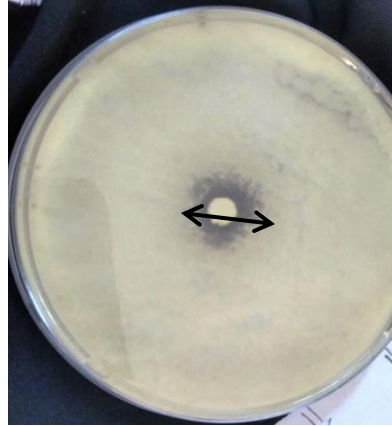
Les résultats obtenus par Bensouici *et al.* (2019) ont rapporté des valeurs de rendement d'huile essentielle de *R. chalepensis* en Souk Ahras comparable avec ceux trouvées dans nos résultats.

Résultats et discussion

Le bon rendement d'huile essentielle chez cette espèce s'explique probablement par sa richesse naturelle en structures sécrétrice (Fakhfakh et al.,2021).

En général, les rendements rapportés dans la littérature pour le myrte (*Myrtus communis*) varient entre 0,05 % et 0,4 %. En comparant nos doonnées,l'obtention d'un rendement maximale pour le myrte (0,375%) et lentisque (0,17) s'explique par l'utilisation d'une quantité importante de biomasse sèche (800 g et 688 g respectivement). Le processus de séchage élimine l'eau des tissus végétaux, ce qui favorise une concentration plus élevée des essences volatiles dans les structures cellulaires et optimise ainsi l'efficacité de l'hydrodistillation par rapport à l'usage de matériel végétal frais.

IV.2. Evaluation de l'activité antifongique

		
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Penicillium expansum</i>
Effet antifongique d'Huile essentiel de <i>Myrtus communis</i> ;		
		
<i>Botrytis. Sp</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Penicillium expansum</i>
Effet antifongique d'Huile essentiel de <i>Pistacia Lentiscus</i>		

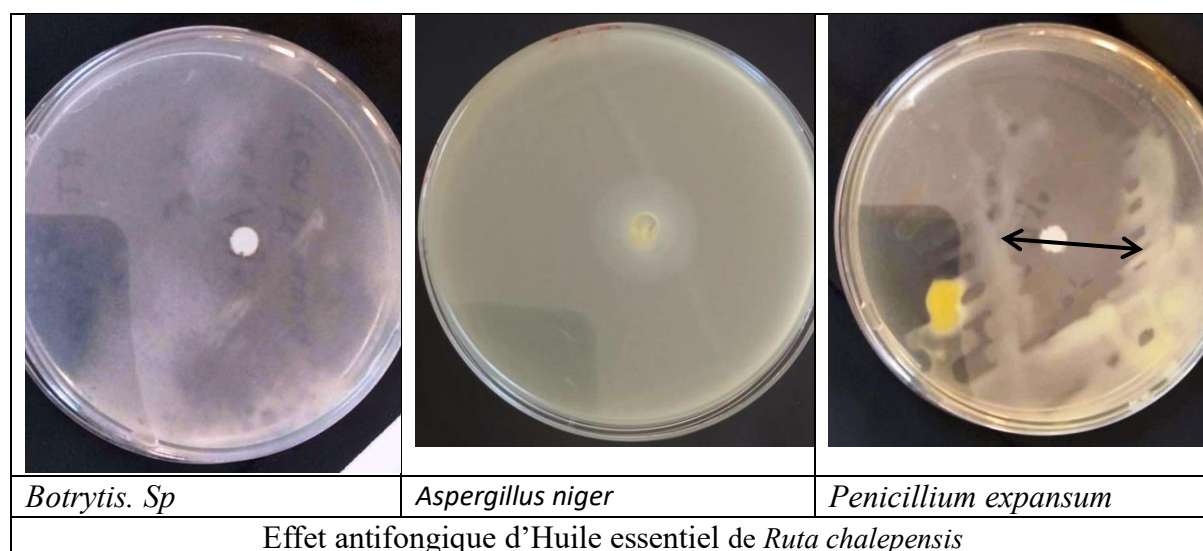


Figure 13 : activité antifongique des huiles essentielles

Les résultats illustrés par le **tableau ci-dessous** montrent une variation de l'activité antifongique des huiles essentielles selon la souche fongique testée.

Tableau 4 : les résultats des diamètres de zone d'inhibition

Extraits	H.E de <i>Myrtus communis</i>	H.E de <i>Pistacia Lentiscus</i>	H.E de <i>Ruta chalepensis</i>
<i>Botrytis cinerea</i>	12 mm	11 mm	0 mm
<i>Aspergillus niger</i>	7mm	15 mm	0 mm
<i>Penicillium expansum</i>	28 mm	15 mm	7 mm

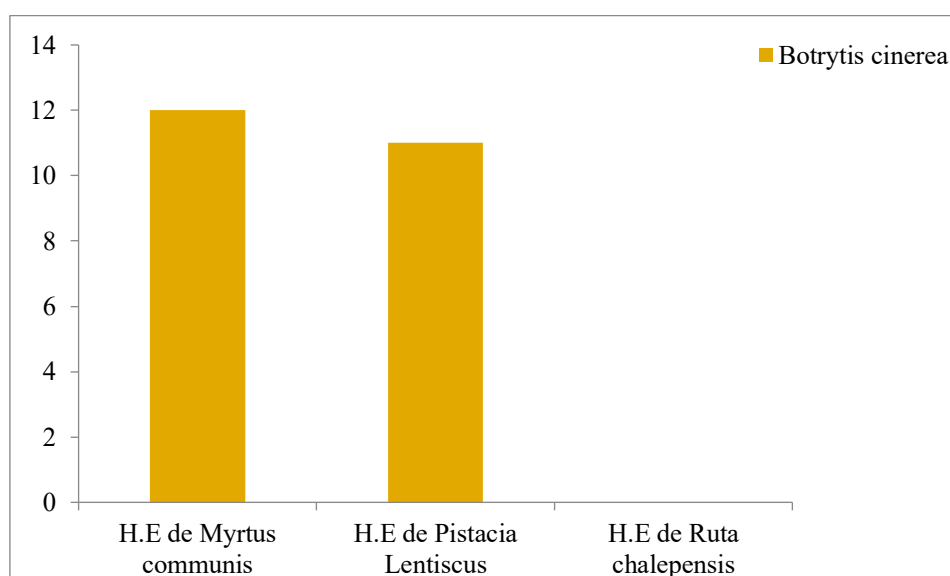


Figure 14 : diamètre de la zone d'inhibition (mm) des huiles essentielles contre *botrytis cinerea*

Selon des données du **tableau 6** et de la **figure 14**, l'huile essentielle de *Myrtus communis* montre un effet inhibiteur sur les trois souches de champignons étudiées, ou *Penicillium expansum* semble le plus vulnérable à cette huile avec une zone d'inhibition de 28 mm, suivis par *Botrytis cinerea* et *Aspergillus niger* avec des zones d'inhibition de 12 et 7 mm respectivement.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Brahmi *et al.* (2023), qui montre une forte activité antifongique de cette huile essentielle contre des espèces des genres *Penicillium* et *Aspergillus*. Cette efficacité est principalement attribuée à sa richesse en 1,8-cinéole, -pinène et myrtenyl acétate, des monoterpènes capables d'altérer la membrane cellulaire des champignons et d'inhiber leur croissance.

Les travaux de Hennia *et al.* (2019) confirment également que ces composés constituent les principaux responsables des propriétés antimicrobiennes et antifongiques de *Myrtus communis*.

Un potentiel antifongique remarquable de cette huile a été ainsi mis en évidence dans l'étude de Bouzabata (2021) menée en Algérie région d'El Tarf, contre les moisissures de genre *penicillium* et *aspergillus* responsables de la pourriture des cultures.

De plus, Derwich *et al.* (2020) ont également démontré que les extraits volatils de cette essence α provoquent une lyse cellulaire rapide chez des souches de genres *Aspergillus* et *Penicillium* à cause de l'altération de leurs membranes cellulaires.

Les résultats que nous avons obtenus montrent ainsi que l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* présente des diamètres moyens d'inhibition de 11 mm contre *Botrytis cinerea*, et de 15 mm contre *Aspergillus niger* et *Penicillium expansum* (**figure 15**).

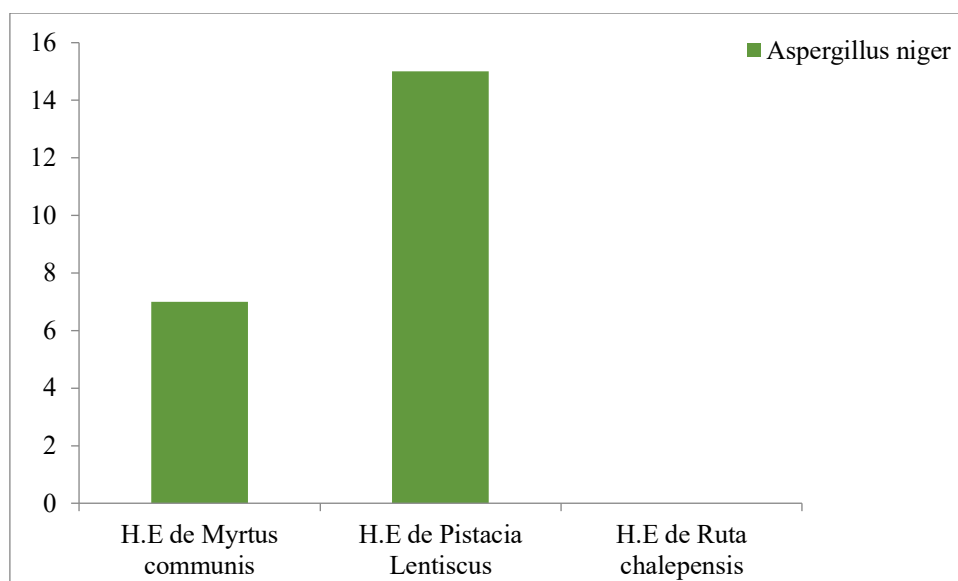


Figure 15 : diamètre de la zone d'inhibition (mm) des huiles essentielles contre *aspergillus niger*

Cette activité antifongique modérée de *Pistacia lentiscus* révélée contre les trois champignons étudiés pourrait être liée à la présence de composés tels que l' α -pinène, le terpinen-4-ol et l' α -terpinéol. Les travaux de Barra *et al.* (2007) ont montré que ces constituants possèdent une activité antifongique et peuvent inhiber la croissance de plusieurs champignons phytopathogènes tels que *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* et *Botrytis cinerea*, bien que leur efficacité varie selon les espèces fongiques.

Les travaux de Boughendjioua (2020) et de Chraïbi *et al.* (2021), confirment l'action antifongique modérée à limitée de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* (Algérie région de skikda) vis-à-vis de quelques souches fongiques telles que *aspergillus niger* et *penicillium expansum*.

En revanche, l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* n'a présenté aucun effet inhibiteur vis-à-vis de *Botrytis cinerea* et *Aspergillus niger*, tandis qu'un diamètre d'inhibition de 7 mm a été observé contre *Penicillium expansum* (**figure 16**). Cette faible efficacité pourrait être liée à des variations de sa composition chimique, fortement influencée par le stade de développement de la plante, les conditions environnementales et la période de récolte.

L'absence d'activité inhibitrice de l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* observée contre *Botrytis cinerea* et *Aspergillus niger* peut être attribuée à la complexité et à la robustesse intrinsèque de la structure de la paroi cellulaire de ces champignons phytopathogènes. En effet, la paroi cellulaire des champignons filamenteux constitue une barrière physique dynamique et sélective, composée d'un réseau dense de chitine, de β -(1,3)-glucanes et de mannoprotéines

qui limite efficacement la pénétration des composés hydrophobes et volatils des huiles essentielles (Gow et al., 2017 ; van Leeuwe et al., 2020). Chez des espèces particulièrement résistantes comme *Aspergillus niger*, cette ultrastructure cellulaire est renforcée par une forte accumulation de mélanine au niveau de la paroi des conidies (spores), agissant comme un bouclier protecteur contre les stress chimiques externes et neutralisant l'effet cytotoxique potentiel de l'huile essentielle (Plumridge et al., 2010 ; Spadari et al., 2019). De plus, face à une agression chimique extérieure induite par certains extraits végétaux, ces champignons activent une voie de signalisation de l'intégrité de la paroi cellulaire (CWI - Cell Wall Integrity). Ce mécanisme moléculaire déclenche un remodelage compensatoire rapide de la structure cellulaire, notamment par une hypersynthèse et un dépôt accru de chitine afin de colmater les brèches membranaires et de bloquer l'influx des molécules actives de *Ruta chalepensis* (Ram et al., 2011 ; van Leeuwe et al., 2020). Ainsi, la rigidité structurale combinée à ces propriétés d'adaptation cellulaire explique pourquoi ces souches fongiques spécifiques demeurent insensibles à l'action de cette huile essentielle, contrairement à d'autres micro-organismes dépourvus de telles barrières protectrices (Bnina et al., 2010).

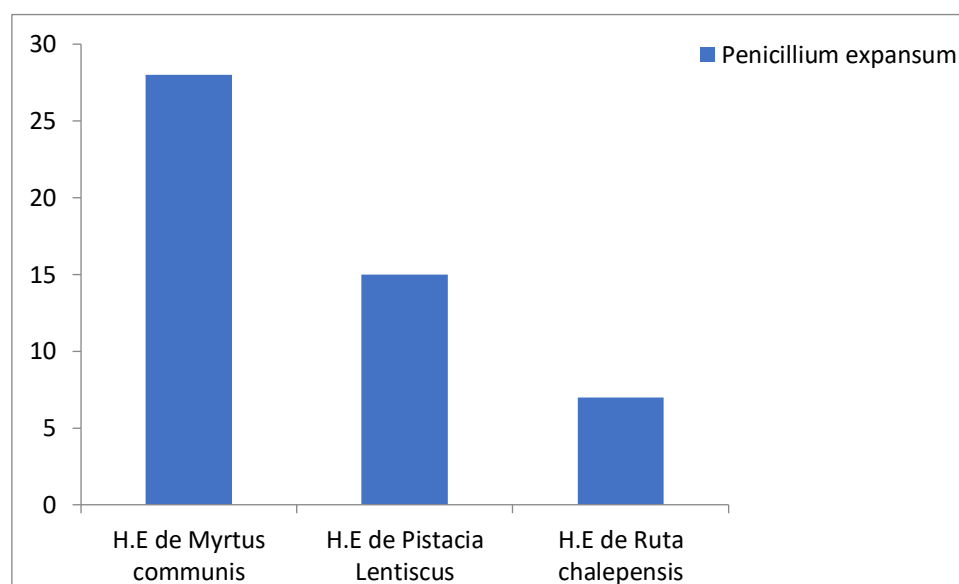


Figure 16 : diamètre de la zone d'inhibition (mm) des huiles essentielles contre *penicillium expansum*

Résultats et discussion

Des travaux réalisés par Bouabidi *et al.* (2015) ont montré que l'activité antifongique et la composition chimique de l'huile essentielle de *R. chalepensis* varient considérablement selon les périodes de récolte.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles de trois espèces aromatiques de la région de Ain Témouchent notamment *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus* et *Ruta chalepensis* contre les champignons phytopathogènes *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger* et *Botrytis cinerea* en vue de leur valorisation dans la lutte/prévention contre les maladies phytopathogènes post-récolte.

Les résultats obtenus mettent en évidence une variabilité de l'activité antifongique selon l'espèce végétale et la souche fongique étudiée, une différence qui peut être attribuée à la composition chimique propre de chaque huile essentielle ainsi qu'à la sensibilité spécifique de chaque champignon aux composés bioactifs.

L'huile essentielle de *M. communis* a présenté une meilleure activité antifongique, notamment contre *P. expansum*, tandis que *P. lentiscus* a montré une activité modérée. En revanche, celle de *Ruta chalepensis* s'est révélée moins efficace dans les conditions expérimentales de cette étude.

Ces observations mettent en relief une sensibilité différentielle marquée chez les souches testées, où *Penicillium expansum* s'est révélé être le plus vulnérable et sensible aux traitements, tandis qu'*Aspergillus niger* a manifesté une tolérance et une résistance intrinsèque plus élevée face aux essences végétales appliquées.

Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles, en particulier celle de *Myrtus communis*, constituent une source prometteuse de composés antifongiques naturels pouvant être valorisés comme alternatives aux fongicides de synthèse dans la lutte contre les champignons phytopathogènes.

Toutefois, des études complémentaires sont nécessaires afin de caractériser précisément la composition chimique de ces extraits, d'identifier les molécules responsables de leur activité biologique et d'évaluer leur efficacité *in vivo* (en conditions de culture réelles), en vue du développement de biofongicides respectueux de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- Agrios, G. N. (2005). Plant pathology (5th ed.). Elsevier Academic Press.
- Aguilar-Santamaría, L., & Tortoriello, J. (1996). Anticonvulsant and sedative effects of crude extracts of *Ternstroemia pringlei* and *Ruta chalepensis*. *Phytotherapy Research*, 10(6), 531–533.
- Aïssa, B. (1999). *Encyclopédie des plantes utiles : Flore d'Algérie et du Maghreb*. Ed. Librairie Moderne - Rouïba.
- Aleksic, V., & Knezevic, P. (2014). Antimicrobial and antioxidative activity of extracts and essential oils of *Myrtus communis* L. *Microbiological Research*, 169(4), 240–254.
- Alibi, S., Crespo, D., & Navas, J. (2021). Antimicrobial and antibiofilm activities of essential oils against foodborne pathogens: A review. *Journal of Applied Microbiology*, 130(6), 1812–1825.
- Al-Said, M. S., Tariq, M., Al-Yahya, M. A., Rafatullah, S., Gangi, A. M., & Ageel, A. M. (1990). Studies on *Ruta chalepensis*, an ancient medicinal herb still used in traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 28(3), 305–312.
- Amdouni, B., et al. (2016). Effect of salt stress on the antimicrobial activity of *Ruta chalepensis* essential oils. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(6), 1–13.
- Amlan, K., & Jyotisna, S. (2010). Ethnomedicinal uses of some common bryophytes: A review. *Report and Opinion*, 2(11), 32–36.
- Babu Kasimala, M. (2014). Phytochemical screening and antibacterial activity of two common terrestrial medicinal plants *Ruta chalepensis* & *Rumex nervosus*. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(3), 116–121.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- Barboni, T. (2006). *Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité des fruits...* (Thèse de doctorat). Université de Corse, France.
- Baudoux, D. (2003). *L'Aromathérapie: Se soigner par les huiles essentielles*. Éditions Amyris.
- Baytop, T. (1999). *Therapy with medicinal plants in Turkey: Past and present* (2nd ed.). Istanbul University Press.

Bibliographie

- Belfadel, F. (2009). Huile de fruits de *Pistacia lentiscus*: Caractéristiques physicochimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat) (Mémoire de Magister). Université de Sétif, Algérie.
- Belhadj, S. (2000). Les pistacheraies algériennes: État actuel et dégradation. Centre Universitaire de Djelfa, Algérie.
- Bellakhdar, J. (1997). Pharmacopée traditionnelle marocaine: Médecine arabe et savoirs populaires. Éditions Le Fennec / Ibis Press.
- Bellakhdar, J. (2003). Le Maghreb à travers ses plantes: Plantes, productions végétales et traditions au Maghreb. Éditions Le Fennec.
- Bensegueni, A. (2007). Étude de l'activité antimicrobienne de quelques extraits de plantes médicinales de la région de Constantine (Thèse de Doctorat). Université de Constantine, Algérie.
- Bergheul, S., Ramdé, J., & Labra, O. (2017). La paternité en contexte migratoire : Déstabilisation et redéfinition du rôle paternel. *Revue internationale de l'éducation familiale*, 41(1), 15–35.
- Bernadet, M. et al. (1989). Activité antibactérienne de plusieurs huiles essentielles testées in vitro. *Phytothérapie*, 7(3), 12–15.
- Bnina, E. B., et al. (2010). Chemical composition and antimicrobial effects of Tunisian *Ruta chalepensis* L. essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 22(3), 273-277.
- Bouajaj, S., Romane, A., et al. (2014). Essential oil composition, phytotoxic and antifungal activities of *Ruta chalepensis* L. leaves from High Atlas Mountains (Morocco). *Natural Product Research*, 28(22), 1910–1914.
- Boullard, B. (2001). Dictionnaire des plantes médicinales du monde: Réalités et croyances. Éditions Estem.
- Bouta, H. (2021). Valorisation phytochimique et biologique de quelques extraits de plantes de la flore algérienne (Mémoire de Master). Université de Tlemcen, Algérie.
- Bouzabata, A. (2015). Contribution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique: *Myrtus communis* (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (3ème éd.). Tec & Doc - Lavoisier.

Bibliographie

- Catalani, S. et al. (2017). Antioxidant and antimicrobial properties of essential oils from Mediterranean flora. *Industrial Crops and Products*, 109, 220–228.
- Chekchaki, N. B., et al. (2015). Effets anti-inflammatoires de *Pistacia lentiscus* dans un modèle d'asthme expérimental. *Revue Française d'Allergologie*, 55(3), 266–273.
- Clevely, A., & Richmond, F. (1997). *Le grand livre des herbes et des plantes aromatiques*. Éditions Manise.
- Collin, M., & Crouzet, J. (2011). *Les huiles essentielles : Chimie, bioactivité et applications*. Éditions Lavoisier.
- Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414–430.
- Decendit, M. A. (2016). *Myrtus communis* L. en Corse et en Méditerranée : De sa composition chimique jusqu'à ses utilisations (Thèse de doctorat). Université Victor Segalen Bordeaux 2, France.
- Delille, L. (2007). *Les plantes médicinales d'Algérie*. Éditions Berti.
- Dellai, A., et al. (2013). Anti-inflammatory and anti-ulcerogenic activities of *Pistacia lentiscus* L. leaves extracts. *Industrial Crops and Products*, 49, 879–882.
- Dellaoui, H. (2021). Contribution à l'étude des effets de la plante médicinale *Myrtus communis* contre la toxicité du Cadmium chez le rat Wistar: Études biochimique et histologique (Thèse de doctorat). Université Dr Moulay Tahar de Saïda, Algérie.
- Dewick, P. M. (2002). *Medicinal natural products: A biosynthetic approach* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Fisher, M. C., Henk, D. A., Briggs, C. J., Brownstein, J. S., Madoff, L. C., McCraw, S. L., & Gurr, S. J. (2012). Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 484(7393), 186–194.
- Djemai, K. (2008). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique de *Ruta chalepensis* L. (Mémoire de Magister). Université de Constantine, Algérie.
- Djerrou, Z. (2011). Propriétés pharmacologiques et toxicologiques de certains extraits de plantes médicinales locales (Thèse de Doctorat). Université de Batna, Algérie.

Bibliographie

- Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., & Delen, N. (Eds.). (2004). *Botrytis: Biology, pathology and control*. Springer.
- Elizondo-Luévano, J. H., Rodríguez-Garza, N. E., & Bazaldúa-Rodríguez, A. F. (2023). Cytotoxic, anti-hemolytic, and antioxidant activities of *Ruta chalepensis* L. (Rutaceae) extract, fractions, and isolated compounds. *Plants*, 12(11), 2203.
- Ferradji, A. (2011a). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de quelques variétés d'agrumes cultivées en Algérie (Mémoire de Magister). École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), Alger.
- Ferradji, A. (2011b). Activités antioxydante et anti-inflammatoire des extraits alcoolique et aqueux des feuilles et des baies de *Pistacia lentiscus* (Mémoire de Magister). Université Ferhat Abbas, Sétif.
- Franco, A., et al. (2019). Myrtle seeds (*Myrtus communis* L.) as a rich source of the bioactive ellagitannins oenothien B and eugeniflorin D2. *ACS Omega*, 4(14), 15966–15974.
- Gomez-Flores, R., et al. (2016). Antimicrobial effect of chalepentin against *Streptococcus mutans*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(36), 631–634.
- Gonzalez-Trujano, M. C., et al. (2006). Neuropharmacological profile of an ethanol extract of *Ruta chalepensis* L. in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 106(1), 129–135.
- Gow, N. A., Latgé, J. P., & Wheeler, R. T. (2017). The immunology of the fungal cell wall. *Nature Reviews Microbiology*, 15(4), 197-209
- Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity and health. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279–290.
- Günaydin, K., Beyazıt, N. et al. (2005). Antimicrobial studies on the extracts of some medicinal plants. *Phytotherapy Research*, 19(4), 345–350.
- Hans, W. (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales. Éditions Terre.
- Hmimsa, Y. (2004). Inventaire ethnobotanique et étude de la biodiversité des plantes médicinales (Thèse de Doctorat). Université Mohammed V, Rabat, Maroc.
- Houas, Y. (2021). Étude histologique et phytochimique de *Ruta chalepensis* (Rutacées) dans la région de Tlemcen (Mémoire de Master). Université de Tlemcen, Algérie.

Bibliographie

- Iserin, P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales: Identification, préparation, soins (2e éd.). Larousse.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45–66.
- Lamnaouer, D. (2002). Les plantes toxiques pour le cheptel au Maroc. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Lamnauer, D., & Batanouny, K. H. (2005). Traditional medicinal plants in North Africa. World Health Organization (WHO) & IUCN.
- Lauk, L., et al. (2004). Protection against murine endotoxemia by treatment with *Ruta chalepensis* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 90(2-3), 267–272.
- Ljubuncic, P., et al. (2005). The effects of aqueous extracts prepared from the leaves of *Pistacia lentiscus* in experimental liver disease. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 198–204.
- Lüttge, U., Kluge, M., & Thiel, G. (2002). Botanique : Traité fondamental (3ème éd.). Tec & Doc - Lavoisier.
- Mejri, J., Abderrabba, M., & Mei, L. H. (2010). Chemical composition of the essential oil of *Ruta chalepensis* L. from Tunisia and its antioxidant activity. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(2), 195–201.
- Migliore, J. (2011). Empreintes des changements environnementaux sur la phylogéographie du genre *Myrtus* en Méditerranée et au Sahara (Thèse de doctorat). Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, France.
- Mioulane, P. (2004). Encyclopédie Universelle des 15000 plantes et fleurs de jardins. Éditions Larousse.
- Mohamadi, L. T., et al. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of *Myrtus communis* essential oils from Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(11).
- More, D., & White, J. (2005). Encyclopédie des Arbres : Plus de 1800 espèces et variétés du monde. Flammarion.
- Nazzaro, F., et al. (2017). Essential oils and antifungal activity. *Molecules*, 22(6), 1–20.

Bibliographie

- Negro, C., Sabella, E. et al. (2015). Phytochemical characterization and antimicrobial activity of essential oils from Mediterranean plants against phytopathogenic bacteria. *Scientia Horticulturae*, 192, 140–147.
- Palevitch, D., & Yaniv, Z. (2000). *Medicinal plants of the Holy Land*. Modan Publishing House.
- Pandey, A., et al. (2017). Chemistry and bioactivities of essential oils of some medicinal plants against fungal pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3), 682–694.
- Petit, C., & Lavigne, C. (2019). *Paysage, biodiversité fonctionnelle et santé des plantes*. Éditions Quæ.
- Prichard, A. (2004). The use of essential oils to treat snoring. *Phytotherapy Research*, 18(9), 696–699.
- Quézel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Vol. 1). Éditions du CNRS.
- Quézel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Vol. 2). Éditions du CNRS.
- Ram, A. F., et al. (2011). Cell wall remodeling in *Aspergillus niger* in response to cell wall stress. *Fungal Genetics and Biology*, 48(12), 1100–1111.
- Schmelzer, G. H., & Gurib-Fakim, A. (Eds.). (2013). *Plant resources of tropical Africa* 11(2): Medicinal plants 2. PROTA Foundation.
- Tabuti, J. R. S., Lye, K. A., & Dhillon, S. S. (2003). Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: Plants, use and administration. *Journal of Ethnopharmacology*, 88(1), 19–44.
- Tounsi, M. S., Wannes, W. A., Ouerghemmi, I., Jegham, S., Njima, Y. B., Hamdaoui, G., Zemnin, H., & Marzouk, B. (2011). Juice components and antioxidant capacity of four Tunisian citrus varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 142–151.
- Tuberoso, C. I. G., Rosa, A., Bifulco, E., Melis, M. P., Atzeri, A., Pirisi, F. M., & Dessì, M. A. (2010). Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis* L. berries extracts. *Food Chemistry*, 123(4), 1242–1251.
- van Leeuwe, T. M., Arentshorst, M., Punt, P. J., & Ram, A. F. (2020). Interrogation of the cell wall integrity pathway in *Aspergillus niger* identifies regulators involved in chitin deposition. *Scientific Reports*, 10(1), 1–12.

Bibliographie

- Walton, N. J., & Brown, D. E. (Eds.). (1999). Chemicals from plants: Perspectives on plant secondary products. World Scientific Publishing.
- Wink, M. (2015). Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines*, 2(3), 251–286.