

DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

CHADLI BENDJEDID ELTARF UNIVERSITY

كلية علوم الطبيعة والحياة

FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES

قسم

Département des Science Agronomiques



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

« *Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité* »

Thème

Contribution à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de quelques aromates

Présenté Par : **ABID Manar**

Soutenue publiquement le : 16/06/2026

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
M ^{me} Benabdallah A.	Pr.	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directrice de mémoire
M ^{me} Bouraiou Chiraz	M.C.B	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Présidente
M ^{me} Benrachou Nora	M.C.A	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examinatrice

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier **ALLAH** pour la force, la patience et la volonté qu'Il m'a accordées afin de mener à bien ce travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrante, **Pr. Benabdallah Amina**, pour son aide précieuse, sa disponibilité, ses conseils pertinents et son suivi rigoureux tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Mes remerciements s'adressent également aux membres du **jury**, la présidente **Dr. Bouraiou Chiraz** et l'examinatrice **Dr. Benrachou Nora** pour l'honneur qu'elles me font en acceptant d'évaluer ce travail.*

*Je tiens également à adresser mes sincères remerciements à **Dr. Bourzama Ghania et M^{me} Boudjaber Khaoula**, de l'université **Badji Mokhtar Annaba** pour leur aide et leurs précieux conseils qui m'ont beaucoup aidée dans l'élaboration de ce travail.*

*Je remercie sincèrement tous **les enseignants** qui ont contribué à ma formation, ainsi que toutes **les personnes** qui m'ont soutenue de près ou de loin.*

*Enfin, un grand merci à **ma famille** et à **mes amis** pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur confiance.*

Dédicace

Avec tout sentiment de tendresse, je dédie ce modeste travail

À mon très cher père, “Mr. BRAHIM”, J’ai vécu dans l’admiration de ta grande personnalité et de ta bonté. Puisse Dieu, le Tout-Puissant, te protéger et t’accorder une meilleure santé et une longue vie afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois.

À ma très chère mère, “Mme. RABEIA”, Je ne trouve pas les mots pour traduire tout ce que je ressens envers une mère exceptionnelle dont j’ai la fierté d’être ta fille. Et que Dieu, le Tout-Puissant, préserve ton sourire et t’assure une bonne santé et une longue vie afin que je puisse te combler à mon amour.

À mes frères "OUSSAMA", "NASRO" et "MOURAD" pour leur appui et encouragement.

À mes ami(e)s et collègues, “BOUTHAINA”, “BOUTHAINA 12”, “DONIA IMENE”, “IMANE” et “NOUR.”

À tous les moments qu’on a passés ensemble, à tous nos souvenirs ! Je vous souhaite à tous une longue vie pleine de bonheur et de prospérité. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon respect. Merci pour tous les moments formidables qu’on a partagés. À tous ceux qui me sont chers et que j’ai omis de citer.

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* (romarin), *Laurus nobilis* (laurier) et *Juniperus phoenicea* (genévrier) vis-à-vis de certaines souches bactériennes et fongiques. L'activité antimicrobienne a été déterminée par la méthode de diffusion sur gélose en mesurant les diamètres des zones d'inhibition. Les résultats obtenus ont montré une sensibilité variable des microorganismes testés selon l'huile essentielle utilisée. Concernant l'activité antibactérienne, *Rosmarinus officinalis* a présenté les effets les plus importants, notamment contre *Staphylococcus aureus*, tandis que contre *Escherichia coli* et *Klebsiella pneumoniae* ont montré une sensibilité plus faible selon les huiles testées. Pour l'activité antifongique, *Laurus nobilis* s'est révélé le plus efficace contre les souches fongiques étudiées, notamment *Aspergillus niger* et *Trichoderma* sp., alors que l'activité de *Juniperus phoenicea* variait selon les espèces testées. Ces résultats confirment le potentiel des huiles essentielles comme source naturelle d'agents antimicrobiens grâce à leur richesse en composés bioactifs tels que les terpènes et les composés phénoliques. Elles pourraient ainsi constituer une alternative prometteuse aux conservateurs et antimicrobiens de synthèse dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et médical.

Mots-clés : activité antibactérienne , activité antifongique , huiles essentielles, *Juniperus phoenicea*, *Laurus nobilis*, , *Rosmarinus officinalis*.

ملخص

كان الهدف من هذه الدراسة تقييم النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات للزيوت الأساسية لكل من *officinalis Rosmarinus* إكليل الجبل، و *nobilis Laurus* الغار، و *phoenicea Juniperus* العرعار، ضد بعض السلالات البكتيرية والفطرية المختبرة. تم تحديد النشاط المضاد للميكروبات باستخدام طريقة الانتشار على الوسط الزرعي من خلال قياس أقطار التثبيط. أظهرت النتائج تبايناً في حساسية الكائنات الدقيقة حسب نوع الزيت الأساسي المستخدم. فيما يخص النشاط المضاد للبكتيريا، سجل زيت *officinalis Rosmarinus* أعلى فعالية، صة خا ضد *aureus Staphylococcus*، بينما أظهرت كل من *pneumoniae Klebsiella* و *coli Escherichia* حساسية أقل حسب الزيوت المختبرة. أما بالنسبة للنشاط المضاد للفطريات، فقد كان زيت *nobilis Laurus* الأكثر فعالية ضد السلالات الفطرية المدروسة، خاصة *sp Trichoderma niger Aspergillus*، في حين تباين تأثير *phoenicea Juniperus* حسب عا نو لفطر. تؤكد هذه النتائج الإمكانات الواعدة للزيوت الأساسية كمصدر طبيعي للعوامل المضادة للميكروبات بفضل غناها بالمركبات النشطة حيويًا مثل التربينات والمركبات الفينولية، مما يجعلها بديلاً محتملاً للمضادات والمواد الحافظة الصناعية في المجالات الغذائية والصيدلانية والطبية.

الكلمات المفتاحية: إكليل الجبل، الزيوت الأساسية، العرعار، الغار، المكورات، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the antibacterial and antifungal activity of essential oils from *Rosmarinus officinalis* (rosemary), *Laurus nobilis* (bay laurel), and *Juniperus phoenicea* (Phoenician juniper) against selected bacterial and fungal strains. The antimicrobial activity was assessed using the agar diffusion method by measuring the diameter of inhibition zones. The results showed a variable sensitivity of the tested microorganisms depending on the essential oil used. Regarding antibacterial activity, *Rosmarinus officinalis* exhibited the strongest effect, particularly against *Staphylococcus aureus*, while *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* showed lower sensitivity depending on the tested oils. For antifungal activity, *Laurus nobilis* was the most effective against the studied fungal strains, especially *Aspergillus niger* and *Trichoderma* sp., whereas the activity of *Juniperus phoenicea* varied according to the fungal species tested. These findings highlight the promising potential of essential oils as natural sources of antimicrobial agents due to their richness in bioactive compounds such as terpenes and phenolic compounds. They may therefore represent a promising alternative to synthetic preservatives and antimicrobial agents in food, pharmaceutical, and medical applications.

Keywords: antibacterial activity, antifungal activity, essential oils, *Juniperus phoenicea*, *Laurus nobilis*, *Rosmarinus officinalis*.

Liste des abréviations

- ✦ **HE** : Huiles essentielles
- ✦ **EO** : Essential Oils (huiles essentielles)
- ✦ **PDA** : Potato Dextrose Agar (gélose dextrose à la pomme de terre)
- ✦ **GN** : Gélose nutritive
- ✦ **ATB** : Activité antibactérienne
- ✦ **ATF** : Activité antifongique
- ✦ **CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice
- ✦ **CM** : Concentration Minimale
- ✦ **pH** : potentiel d'hydrogène
- ✦ **CO₂** : dioxyde de carbone
- ✦ **°C** : degré Celsius
- ✦ **mL** : millilitre
- ✦ **g** : gramme
- ✦ **µL** : microlitre
- ✦ **R** : résistance (bactérie résistante)
- ✦ **B** : bactérie
- ✦ **S. aureus** : *Staphylococcus aureus*
- ✦ **E. coli** : *Escherichia coli*
- ✦ **K. pneumoniae** : *Klebsiella pneumoniae*
- ✦ **A. niger** : *Aspergillus niger*
- ✦ **sp.** : espèce non précisée
- ✦ **HIV** : Human Immunodeficiency Virus (Virus de l'immunodéficience humaine)

Liste des figures

Figure 1 : <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	11
Figure 2 : <i>Juniperus phoenicea</i> L. (Site web1)	15
Figure 3 : <i>Laurus nobilis</i> L. (Site web 2)	19
Figure 4 : Aspect microscopique de <i>Escherichia coli</i> (Site web 3)	24
Figure 5 : Aspect microscopique de <i>Klebsiella pneumonia</i> (Site web 4)	25
Figure 6 : Aspect microscopique de <i>Staphylococcus aureus</i> (Site web 5)	26
Figure 7 : Morphologie microscopique du genre <i>Aspergillus</i> (Site web 6)	27
Figure 8 : Aspect microscopique de <i>Aspergillus niger</i> (Site web 7)	28
Figure 9 : Aspect microscopique de <i>Trichoderma</i> sp. (Site web 8)	29
Figure 10 : Aspect microscopique de <i>Rhizopus</i> sp. (Site web 9)	30
Figure 11 : Le romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>) utilisées dans l'étude (photo personnelle)	33
Figure 12 : Feuilles séchées de genévrier (<i>Juniperus phoenicea</i>) (photo personnelle)	34
Figure 13 : Laurier (<i>Laurus nobilis</i>) utilisées dans l'étude (photo personnelle)	35
Figure 14 : Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger	36
Figure 15 : Repiquage des souches bactériennes sur milieu GN	37
Figure 16 : Repiquage des souches fongiques sur milieu PDA	38
Figure 17 : Préparation des suspensions microbiennes	38
Figure 18 : Test de l'activité antibactérienne par diffusion sur disque	39
Figure 19 : Évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles	40
Figure 20 : Zones d'inhibition observées	41
Figure 21 : Activité antibactérienne des huiles essentielles vis-à-vis des souches bactériennes testées :	53
Figure 22 : Activité antifongique des huiles essentielles vis-à-vis des souches fongiques testées :	54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison entre les différents types de conservateurs alimentaires	8
Tableau 2 : Constituants majeurs de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> L. [14]	12
Tableau 3 : Constituants chimiques majeurs de <i>Juniperus phoenicea</i> L. [18]	16
Tableau 4 : Constituants chimiques majeurs de <i>Laurus nobilis</i> L. [21]	20
Tableau 5 : Activité antibactérienne du romarin	43
Tableau 6 : Activité antifongique du romarin	44
Tableau 7 : Activité antibactérienne du genévrier	46
Tableau 8 : Activité antifongique du genévrier	47
Tableau 9 : Activité antibactérienne du laurier	50
Tableau 10 : Activité antifongique du laurier	51

Sommaire

Résuméالمختصر

Abstract

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction	1
Les hypothèses proposées dans ce travail sont les suivantes :.....	1
l'objectif :	2
Première partie: Etude bibliographique	3
Chapitre I:Les conservateurs alimentaires	4
1. Définition des conservateurs alimentaires	4
1.1. Les conservateurs synthétiques.....	4
• Définition et rôle	4
• Principaux types	4
• Mécanisme d'action.....	5
• Avantages et limites	5
1.2. Les conservateurs naturels.....	5
• Définition et rôle	5
• Principaux types et sources naturelles	5
• Mécanisme d'action des conservateurs naturels	6
• Avantages et limites	6
2. Les bioconservateurs.....	6
• Définition et principe.....	6
• Types de bioconservateurs.....	7
• Mécanisme d'action.....	7
• Avantages et limites	7
• Limites:	7
3. Comparaison entre les différents types de conservateurs	8
Chapitre II : Étude des plantes utilisées comme conservateurs naturels.....	9

1. Définition des plantes aromatiques	9
1.1. Domaines d'application des plantes aromatiques	9
1.1.1. En alimentaire	9
1.1.2. En médecine	9
2. Présentation des espèces étudiées	10
2.1. Le Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	10
2.1.1. Aspect botanique:	10
• Taxonomie	10
• Description botanique	10
• Répartition géographique	11
2.1.2. Aspect chimique	11
• Composition chimique	11
• Constituants majeurs	12
2.1.2. Propriétés biologiques	12
• Activité antibactérienne	12
• Activité antifongique	13
• Activité antivirale	13
2.1.4 Usages traditionnels et médicinaux	13
• Usage sur la sphère abdominale	13
• Usage dans le traitement des blessures	13
• Usage dans l'insuffisance circulatoire	14
2.2. Genévrier rouge (<i>Juniperus phoenicea</i> L.)	14
2.2.1 Aspect botanique	14
• Taxonomie	14
• Description botanique	14
• Répartition géographique	15
• Dans le monde	15
• En Algérie	15
2.2.2. Aspect chimique	16
• Constituants majeurs	16
2.2.3. Propriétés biologiques	17
• Activité antibactérienne	17
• Activité antifongique	17
• Activité antioxydante	17
2.2.4. Usages traditionnels et médicinaux	17

2.3. Laurier noble (<i>Laurus nobilis</i> L.).....	18
2.3.1. Aspect botanique.....	18
• Taxonomie.....	18
• Description botanique.....	18
• Répartition géographique.....	19
• Dans le monde.....	19
• En Algérie.....	19
2.3.2. Aspect chimique.....	20
• Composition chimique.....	20
• Constituants majeurs	20
2.3.3 Propriétés biologiques	21
• Activité antibactérienne.....	21
• Activité anti-inflammatoire	21
• Effet cytotoxique	21
• Activité antioxydante.....	21
• Effet antidiabétique.....	22
2.3.4. Usages traditionnels et médicinaux.....	22
Chapitre III: Les souches microbiennes utilisées	23
1. Généralités sur les microorganismes	23
2. Les souches bactériennes étudiées	23
2.1. Généralités sur <i>Escherichia coli</i>	23
2.2. Généralités sur <i>Klebsiella pneumoniae</i>	24
2.3. Généralités sur <i>Staphylococcus aureus</i>	25
3 Les souches fongiques étudiées	26
3.1. Généralités sur le genre <i>Aspergillus</i>	26
3.1.1. Généralités sur <i>Aspergillus niger</i>	27
3.2. Généralités sur le genre <i>Trichoderma</i>	28
3.3. Généralités sur le genre <i>Rhizopus</i>	29
Deuxième partie: Etude Expérimentale.....	31
Chapitre I: Matériel et Méthodes	32
I. Matériel et Méthodes.....	33
1. Matériel végétal.....	33
1.1. Romarin.....	33
1.2 Genévrier	33
1.3 Laurier	34
2. Matériel microbien	35

2.1 Souches bactériennes.....	35
2.2 Souches fongiques.....	35
3. Extraction des huiles essentielles	36
3.1 Calcul du rendement des huiles essentielles.....	36
$Rd = m/m_0 \times 100$	36
4. Préparation des souches microbiennes	37
4.1 Repiquage des bactéries.....	37
4.2 Repiquage des moisissures	37
4.1 Préparation des suspensions microbiennes	38
5. Activité antimicrobiennes des huiles essentielles.....	39
5.1 Activité antibactérienne des huiles essentielles	39
5.2 Activité antifongique des huiles essentielles	40
5.3 Mesure des zones d'inhibition	41
Chapitre II: Résultats et Discussion.....	42
II. Résultats et Discussion	43
1. Le Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	43
1.1. Activité antibactérienne	43
1.1.1 Résultats	43
1.1.2. Discussion.....	43
1.2. Activité antifongique	44
1.2.1. Résultats	44
1.2.2. Discussion de l'activité antifongique.....	45
2. genévrier rouge (<i>Juniperus phoenicea</i>).....	46
2.1. Activité antibactérienne	46
2.1.1. Résultats	46
2.1.2. Discussion.....	46
2.2. Activité antifongique	47
2.2.1. Résultats	47
2.2.1. Discussion de l'activité antifongique.....	49
3. Laurier noble (<i>Laurus nobilis</i> L.).....	50
3.1. Activité antibactérienne	50
3.1.1. Résultats	50
3.1.2. Discussion de l'activité antibactérienne	50
3.2. Activité antifongique	51
3.2.1. Résultats	51
3.2.2. Discussion de l'activité antifongique.....	52
4. Synthèse des résultats	54

Conclusion et Perspectives	55
Références bibliographiques.....	56
Les sites web.....	61
Annexe	62

Introduction

La conservation des aliments constitue un enjeu majeur dans l'industrie agroalimentaire en raison de la nécessité de préserver la qualité nutritionnelle, sensorielle et microbiologique des produits alimentaires durant leur stockage [1,2]. Depuis plusieurs années, les conservateurs synthétiques sont largement utilisés afin de limiter l'altération des aliments et de prévenir la prolifération des microorganismes responsables des contaminations alimentaires [3,4].

Cependant, l'utilisation excessive de certains conservateurs chimiques soulève des préoccupations croissantes concernant leurs effets potentiels sur la santé humaine ainsi que leur impact sur l'environnement [4,5]. Par ailleurs, l'émergence de microorganismes résistants aux agents antimicrobiens conventionnels représente aujourd'hui un problème important dans les domaines alimentaire et microbiologique. Cette situation a encouragé la recherche de solutions alternatives naturelles capables d'assurer une conservation efficace tout en réduisant les risques liés aux composés synthétiques [4,5].

Dans ce contexte, les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques et médicinales suscitent un intérêt scientifique considérable grâce à leur richesse en composés bioactifs possédant des propriétés antimicrobiennes, antifongiques et antioxydantes [6,7]. De nombreuses études ont démontré l'efficacité des huiles essentielles dans l'inhibition de plusieurs bactéries et moisissures impliquées dans les contaminations alimentaires et les altérations microbiologiques [6,7].

Parmi les plantes les plus étudiées figurent *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis* et *Juniperus phoenicea* L., connus pour leurs huiles essentielles riches en molécules actives capables d'exercer une activité inhibitrice contre plusieurs microorganismes pathogènes et d'altération.

La problématique de cette étude repose sur la recherche d'alternatives naturelles aux conservateurs synthétiques à travers l'évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles vis-à-vis de certaines souches bactériennes et fongiques.

Les hypothèses proposées dans ce travail sont les suivantes :

- les huiles essentielles étudiées possèdent une activité antibactérienne contre les souches bactériennes testées.
- les huiles essentielles présentent également une activité antifongique contre les moisissures étudiées.
- l'intensité de l'activité antimicrobienne varie selon la nature de l'huile essentielle et la sensibilité des microorganismes.

l'objectif :

l'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis* et *Juniperus phoenicea* L., sur différentes souches microbiennes afin d'étudier leur potentiel en tant qu'agents naturels de conservation alimentaire.

Le présent mémoire est scindé en deux parties principales.

- **La première partie est consacrée à l'étude bibliographique et comprend deux chapitres :**

Chapitre I: Les conservateurs alimentaires

Chapitre II : Étude des plantes utilisées comme conservateurs naturels

Chapitre II : Les souches microbiennes utilisées

- **La deuxième partie concerne l'étude expérimentale et comprend également deux chapitres :**

Chapitre I : Matériel et Méthodes

Chapitre II : Résultats et Discussion

Chapitre III: Conclusion et Perspectives

Première partie: Etude bibliographique

Chapitre I: Les conservateurs alimentaires

1. Définition des conservateurs alimentaires

Les conservateurs alimentaires sont des substances d'origine naturelle ou synthétique ajoutées aux denrées alimentaires afin d'en prolonger la durée de conservation. Leur fonction principale est de limiter ou d'inhiber la croissance des micro-organismes responsables de l'altération des aliments, tout en garantissant leur sécurité et leur qualité[1].

Leur utilisation permet de garantir la sécurité sanitaire des aliments, de préserver leurs qualités organoleptiques et de réduire les pertes alimentaires.

On distingue généralement deux grandes catégories de conservateurs : les conservateurs synthétiques et les conservateurs naturels, chacun présentant des caractéristiques et des applications spécifiques.

1.1. Les conservateurs synthétiques

- **Définition et rôle**

Les conservateurs synthétiques sont des produits chimiques fabriqués en laboratoire et ajoutés aux aliments pour prolonger leur durée de conservation. Ils empêchent le développement des micro-organismes et ralentissent l'oxydation des aliments, ce qui permet de maintenir leur qualité et leur sécurité [2].

- **Principaux types**

Parmi les principaux conservateurs synthétiques, on trouve :

- **Benzoates** (comme le benzoate de sodium): efficaces dans les aliments acides pour empêcher la croissance des levures et des moisissures.
- **Sorbates** (sorbate de potassium): utilisés dans les produits laitiers et les boissons.
- **Nitrites et nitrates**: appliqués aux produits carnés pour empêcher la prolifération de *Clostridium botulinum* et stabiliser la couleur.
- **Sulfites**: utilisés dans les fruits secs et les boissons pour prévenir l'oxydation et la croissance microbienne [3][4].

- **Mécanisme d'action**

Le mécanisme d'action des conservateurs synthétiques dépend de leur nature chimique. Certains perturbent la membrane cellulaire des micro-organismes et bloquent leurs enzymes et d'autres agissent comme antioxydants en neutralisant les radicaux libres. Leur efficacité dépend du pH, de l'activité de l'eau et de la concentration utilisée [2].

- **Avantages et limites**

- **Avantages** : grande efficacité, coût faible, stabilité.
- **Limites / risques** : usage excessif peut présenter des risques pour la santé, raison pour laquelle leur dose est strictement contrôlée par les autorités sanitaires [3].

1.2. Les conservateurs naturels

- **Définition et rôle**

Les conservateurs naturels sont des substances d'origine végétale, microbienne ou animale utilisées pour prolonger la durée de conservation des aliments tout en réduisant l'utilisation de produits chimiques synthétiques. Ils exercent principalement des activités **antimicrobiennes** et **antioxydantes**, ce qui aide à limiter la croissance de micro-organismes responsables de l'altération et à préserver la qualité des aliments de manière plus sûre et plus acceptable pour les consommateurs soucieux de leur santé [5].

- **Principaux types et sources naturelles**

Les conservateurs naturels peuvent provenir de plusieurs sources biologiques :

- **Huiles essentielles** : Ce sont des liquides aromatiques extraits de plantes. Elles contiennent des composés bioactifs tels que les terpènes et les phénols qui possèdent des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. Ces huiles sont capables d'inhiber la croissance de bactéries, levures et moisissures et sont utilisées dans divers produits alimentaires pour améliorer la sécurité et prolonger la durée de conservation. Elles sont considérées comme des agents sûrs et biodégradables dans l'industrie alimentaire [6][7].
- **Extraits de plantes médicinales** : Plusieurs plantes comme le thym, le basilic, l'origan ou le romarin contiennent des composés naturels qui peuvent agir comme conservateurs sans ajouter de substances synthétiques à l'aliment, tout en bénéficiant d'un effet antimicrobien et antioxydant [8].

- **Bactériocines** : Certaines bactéries produisent des peptides naturels capables d'inhiber d'autres micro-organismes indésirables dans les aliments, offrant ainsi une solution supplémentaire dans la bioconservation [9].

- **Mécanisme d'action des conservateurs naturels**

Les conservateurs naturels agissent de plusieurs manières pour prolonger la durée de vie des aliments :

- **Action antimicrobienne** : Ils perturbent la membrane cellulaire ou les fonctions métaboliques des bactéries et des champignons, ce qui empêche leur multiplication dans les aliments [5].
- **Action antioxydante** : Les composés phénoliques présents dans de nombreux extraits de plantes et huiles essentielles neutralisent les radicaux libres, retardant ainsi l'oxydation des composants alimentaires comme les lipides [10].

- **Avantages et limites**

Les conservateurs naturels offrent plusieurs avantages :

- Ils sont généralement considérés comme sûrs pour la santé, avec moins d'effets secondaires potentiels que certains conservateurs synthétiques [5].
- Ils répondent à la demande croissante des consommateurs pour des aliments plus naturels et « clean label » [5].

Cependant, certaines limites doivent être prises en compte :

- Leur efficacité peut dépendre de la concentration et du type d'aliment traité.
- À fortes doses, certaines huiles essentielles peuvent altérer les caractéristiques sensorielles (goût/odeur) du produit [6].

2. Les bioconservateurs

- **Définition et principe**

Les bioconservateurs sont des substances naturelles issues de plantes ou produites par des micro-organismes, utilisées pour prolonger la durée de conservation des aliments. Ils permettent de prévenir la croissance de micro-organismes indésirables tout en offrant une alternative plus sûre aux conservateurs synthétiques [5] [8].

- **Types de bioconservateurs**

- **Bactériocines**

Ce sont des peptides antimicrobiens produits par des bactéries bénéfiques, capables d'inhiber la multiplication des bactéries pathogènes dans les aliments. Elles sont particulièrement efficaces dans les produits laitiers et fermentés [5].

- **Huiles essentielles et extraits de plantes**

Certaines huiles essentielles et extraits de plantes utilisés comme conservateurs naturels (thym, romarin, basilic) peuvent aussi être considérés comme bioconservateurs grâce à leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydantes [6] [8].

- **Mécanisme d'action**

Les bioconservateurs agissent par différents mécanismes :

Perturbation des membranes cellulaires des micro-organismes nuisibles [5].

Effet antioxydant qui ralentit l'oxydation des lipides et protège la qualité de l'aliment [6].

Réduction de la croissance microbienne grâce à des composés bioactifs naturels [8].

- **Avantages et limites**

- **Avantages:**

- Plus sûrs pour la santé humaine que certains conservateurs chimiques.
- Répondent à la demande des consommateurs pour des aliments naturels et "clean label" [5].

- **Limites:**

- Leur efficacité peut dépendre du type d'aliment et de la concentration.
- À forte dose, certaines huiles essentielles peuvent modifier le goût ou l'odeur du produit [6].

3. Comparaison entre les différents types de conservateurs

Tableau 1 : Comparaison entre les différents types de conservateurs alimentaires

Type de conservateur	Origine	Efficacité	Avantages	Limites
Synthétiques	Chimique	Très efficace, stable	Prolonge la conservation, faible dose	Préoccupations santé, image moins naturelle
Naturels	Plantes / extraits	Moyenne, dépend de l'aliment	Plus sûrs, acceptés par consommateurs	Peut affecter goût/odeur, efficacité variable
Bioconservateurs	Micro-organismes / plantes	Correcte	Naturels et efficaces, protège qualité alimentaire	Limités par conditions ou stabilité

Chapitre II : Étude des plantes utilisées comme conservateurs naturels

1. Définition des plantes aromatiques

«Les plantes aromatiques sont des végétaux qui contiennent suffisamment de molécules aromatiques dans un ou plusieurs organes producteurs : feuilles, fleurs, tiges, fruits, écorces, racines etc.»[11].

1.1. Domaines d'application des plantes aromatiques

1.1.1. En alimentaire

Les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées depuis longtemps comme épices. Aujourd'hui, elles attirent l'attention de l'industrie alimentaire en raison des risques associés aux additifs artificiels.

Leurs extraits et huiles essentielles offrent une alternative naturelle aux conservateurs synthétiques, tout en assurant la qualité, la stabilité et la durée de conservation des aliments. De plus, elles améliorent les propriétés fonctionnelles et nutraceutiques des produits.

Avec la sensibilisation croissante des consommateurs, leur utilisation est appelée à se développer. Toutefois, il reste essentiel d'évaluer scientifiquement ces produits avant leur mise sur le marché [12].

1.1.2. En médecine

Les plantes aromatiques sont souvent considérées comme des plantes médicinales, car elles ne servent pas seulement en cuisine mais possèdent également des propriétés thérapeutiques. Elles sont utilisées depuis longtemps dans différents systèmes médicaux traditionnels, comme l'Ayurveda en Inde, la médecine traditionnelle chinoise et d'autres pratiques locales.

L'aromathérapie repose uniquement sur les plantes aromatiques et les huiles essentielles pour soutenir la santé et le bien-être. Ces huiles peuvent être appliquées par massage, traitement topique ou inhalation. Il est cependant important de rappeler que, malgré leur origine naturelle, ces composés restent chimiques et une mauvaise utilisation peut être dangereuse.

Aujourd'hui, la recherche continue à explorer de nouvelles molécules actives issues des plantes aromatiques, ce qui est particulièrement important face à l'augmentation de la résistance aux antibiotiques [12].

2. Présentation des espèces étudiées

2.1. Le Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

2.1.1. Aspect botanique:

- **Taxonomie**

- **Règne:** plante
- **Embranchement:** Spermaphytes
- **Classe:** Dicotylédones
- **Ordre:** Lamiales (labiales)
- **Famille:** Lamiaceae
- **Genre:** *Rosmarinus*
- **Espèce:** *Rosmarinus officinalis* L [12].

- **Description botanique**

Rosmarinus officinalis est un arbrisseau aromatique pouvant atteindre entre 0,5 et 2 mètres de hauteur. Il présente un port buissonneux avec des rameaux dressés et fortement feuillés, ainsi qu'un système racinaire pivotant bien développé.

Ses feuilles sont étroites, linéaires à lancéolées, coriaces, de couleur vert foncé et très odorantes. Les fleurs, généralement bleu pâle à blanchâtres, sont regroupées en petites grappes denses et peuvent apparaître presque toute l'année. Elles possèdent une corolle bilabée avec quatre étamines saillantes.

L'ovaire est constitué de deux carpelles prolongés par un style long et bifide. Le fruit est un tétrakène lisse, de forme globuleuse et de couleur brun foncé [13].



Figure 1 : *Rosmarinus officinalis* L.

- **Répartition géographique**

Le romarin est originaire des régions méditerranéennes et pousse naturellement sur les coteaux secs, les garrigues et les terrains rocheux. On le trouve notamment en Espagne, en Italie, en Grèce et dans certaines zones d'Asie et d'Afrique du Nord.

En Algérie, le romarin se développe dans la plupart des régions, surtout dans les zones semi-arides et montagneuses comme la région de Tebessa. Il est bien adapté aux terrains secs et caillouteux, offrant une couverture végétale importante dans ces zones [13].

2.1.2. Aspect chimique

- **Composition chimique**

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* représente environ 1 à 2 % de la plante. Elle est riche en composés terpéniques dont la proportion varie selon l'origine et les conditions de culture. Parmi les principaux constituants, on retrouve l' α -pinène, la verbénone, le camphre, l'eucalyptol (1,8-cinéole), le bornéol, l'acétate de bornyle ainsi que le camphène.

En dehors de l'huile essentielle, le romarin contient également plusieurs composés bioactifs. On note la présence de dérivés triterpéniques (comme l'acide ursolique et l'acide oléanolique), de lactones diterpéniques, ainsi que des dérivés de l'acide carnosolique. La plante renferme aussi des acides

phénoliques, des acides gras hydroxylés, des acides organiques tels que l'acide citrique et glycolique, ainsi que des stérols, de la choline, du mucilage et des résines [14].

- **Constituants majeurs**

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est caractérisée par la présence de plusieurs composés majoritaires dont les proportions varient selon l'origine de la plante. Les principaux constituants sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Constituants majeurs de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. [14]

Composé	Classe chimique	Teneur (%)
α -pinène	Monoterpène	7 – 80 %
Camphre	Cétone monoterpénique	1 – 35 %
1,8-cinéole	Oxyde monoterpénique	1 – 35 %
Verbénone	Cétone monoterpénique	1 – 37 %
Bornéol	Alcool monoterpénique	3. – 19 %

2.1.2. Propriétés biologiques

- **Activité antibactérienne**

Des études ont montré que les extraits aqueux et méthanoliques de *Rosmarinus officinalis* exercent une activité antibactérienne notable, notamment contre *Streptococcus sobrinus*, bactérie impliquée dans les caries dentaires. Ces extraits inhibent également l'activité de la glucosyltransférase, enzyme responsable de la formation de la plaque dentaire.

Par ailleurs, l'extrait obtenu par extraction au CO₂ supercritique, riche en acide carnosique, a démontré une activité antimicrobienne à large spectre en inhibant la majorité des germes testés [15].

- **Activité antifongique**

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* présente une activité antifongique importante. Elle a montré une inhibition totale de la biosynthèse de l'aflatoxine à une concentration de 450 ppm, ce qui souligne son potentiel en tant qu'agent conservateur naturel contre *Aspergillus parasiticus*. Des essais réalisés par la méthode de diffusion sur gélose ont également révélé une activité inhibitrice modérée de l'huile essentielle de romarin sur plusieurs levures, notamment *Candida albicans*, *Rhodotorula glutinis*, *Schizosaccharomyces pombe* et *Yarrowia lipolytica* [15].

- **Activité antivirale**

Des recherches ont mis en évidence l'activité antivirale de l'extrait commercial de *Rosmarinus officinalis*. Celui-ci a montré une inhibition de l'infection par le virus de l'immunodéficience humaine (HIV) à de faibles concentrations. Par ailleurs, le carnosol, l'un des composés actifs du romarin, a présenté une activité anti-HIV à des concentrations modérées sans effet cytotoxique notable [15].

2.1.4 Usages traditionnels et médicaux

- **Usage sur la sphère abdominale**

Le romarin favorise la digestion et aide à réduire les gaz intestinaux. Il stimule également les sécrétions gastriques et l'appétit. La plante peut être consommée sous forme de décoction, d'infusion, ou macérée dans de l'huile d'olive. Elle peut aussi être utilisée dans des préparations telles que le vin médicinal pour stimuler la fonction biliaire et soulager les douleurs liées à une digestion lente ou à des troubles du foie. De plus, le romarin possède des propriétés antispasmodiques et diurétiques [12].

- **Usage dans le traitement des blessures**

Les feuilles de romarin, séchées ou coupées, sont traditionnellement employées pour favoriser la cicatrisation et réduire l'inflammation des blessures. Elles peuvent être utilisées en compresses, en infusion pour nettoyer les plaies, ou en teinture pour soulager les maux de dents. Bien que les preuves cliniques soient limitées, ces usages sont largement documentés dans les pratiques traditionnelles [12].

- **Usage dans l'insuffisance circulatoire**

Le romarin présente des effets stimulants sur la circulation sanguine, ce qui permet son usage externe pour soulager les évanouissements liés à une insuffisance circulatoire, particulièrement chez les personnes fatiguées ou hypotendues. Les feuilles peuvent être infusées dans un bain ou incorporées dans des préparations comme pommades, huiles ou liniments pour améliorer la circulation et fluidifier le sang [12].

2.2. Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.)

2.2.1 Aspect botanique

- **Taxonomie**

Règne: Plantae

Embranchement: Spermatophytes

Sous embranchement: Gymnospermes

Classe: Pinopsida

Ordre: Pinales

Famille: Cupressaceae

Genre: *Juniperus*

Espèce: *Juniperus phoenicea* L [16]

- **Description botanique**

Juniperus phoenicea est un arbrisseau mesurant généralement de 1 à 8 m de hauteur. Il est ramifié dès la base et possède un houppier dense et allongé. Son écorce est fibreuse, assez épaisse et de couleur brun-rouge. Les feuilles sont persistantes et disposées de façon opposée (parfois par trois). On distingue deux types :

- Feuilles juvéniles : en aiguilles piquantes, d'environ 10 mm, portant deux lignes blanchâtres.
- Feuilles adultes : sous forme de petites écailles ovales d'environ 1 mm, étroitement appliquées sur les rameaux et légèrement bombées.

Les fruits, appelés souvent baies, sont globuleux et charnus. Ils passent de la couleur verte au brun-rouge brillant à maturité, après environ deux ans. Leur diamètre varie entre 7 et 10 mm et ils contiennent généralement 4 à 9 graines à enveloppe dure. La fructification se produit généralement de septembre à décembre [16].



Figure 2 : *Juniperus phoenicea* L. (Site web1)

- **Répartition géographique**

- **Dans le monde**

Juniperus phoenicea est une espèce largement répartie dans la région méditerranéenne. Elle est présente aux îles Canaries, du Portugal jusqu'à la Palestine, ainsi qu'en Turquie, en Afrique du Nord, en Arabie Saoudite, en Égypte près de la mer Rouge et en Croatie.

En Afrique du Nord, elle pousse surtout dans les collines, dunes et zones montagneuses semi-arides, jusqu'à 2200 m d'altitude, tandis qu'en Europe méditerranéenne elle atteint environ 1200 m.

- **En Algérie**

En Algérie, le genévrier rouge couvre environ 10 % de la surface forestière. Il est présent surtout sur le littoral, dans les hauts plateaux de l'Atlas saharien, notamment dans les régions d'Oran, Alger et Constantine. On le trouve également dans les dunes littorales et les montagnes des Aurès, où il constitue l'une des principales espèces végétales [17].

2.2.2. Aspect chimique

- **Composition chimique**

Les analyses phytochimiques de *Juniperus phoenicea* ont montré que les feuilles et les fruits (cônes) contiennent principalement des huiles essentielles volatiles. Cette espèce est particulièrement riche en composés terpénoïdes, notamment les monoterpènes, sesquiterpènes et diterpènes. En revanche, la plante renferme seulement de faibles quantités de composés phénoliques, tels que les bisflavones et les lignanes.

D'autres constituants ont également été identifiés, parmi lesquels des glycosides de phénylpropanoïdes (comme les junipérosides, rosarin et skimmin), ainsi que certains dérivés furanoniques glucosidiques. La présence de stérols et d'hydrocarbures a aussi été signalée. Par ailleurs, plusieurs diterpènes ont été isolés des fruits de cette espèce, appartenant principalement aux groupes labdane, pimarane et abietane, ainsi qu'un stérol identifié comme β -sitostérol [18].

- **Constituants majeurs**

Les principaux composés chimiques identifiés chez *Juniperus phoenicea* sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Constituants chimiques majeurs de *Juniperus phoenicea* L. [18]

Famille chimique	Constituants principaux
Monoterpènes	α -pinène, β -pinène, limonène
Sesquiterpènes	β -caryophyllène, germacrene
Diterpènes	Labdane, Pimarane, Abietane
Composés phénoliques	Bisflavones, lignanes
Glycosides de phénylpropanoïdes	Junipérosides, rosarin, skimmin
Stérols	β -sitostérol

2.2.3. Propriétés biologiques

- **Activité antibactérienne**

L'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* présente une activité antibactérienne contre plusieurs micro-organismes. Cette activité est généralement évaluée par la méthode de diffusion sur disque et par la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).

Les résultats montrent que cette huile peut inhiber la croissance de différentes bactéries, avec des zones d'inhibition variables selon la sensibilité des souches testées. Certaines bactéries comme *Enterococcus faecalis* et *Escherichia coli* se sont révélées plus sensibles, tandis que d'autres, notamment *Pseudomonas aeruginosa*, ont montré une résistance plus élevée [16].

- **Activité antifongique**

L'huile essentielle extraite des feuilles de *Juniperus phoenicea* a également été évaluée pour son activité antifongique contre certaines souches de champignons. Les résultats ont montré que cette huile possède un effet fongistatique modéré, notamment contre *Aspergillus flavus* et *Fusarium oxysporum*. En revanche, elle n'a pas montré d'activité significative contre *Rhizopus stolonifer* [16].

- **Activité antioxydante**

Plusieurs études ont montré que l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* possède une activité antioxydante. Des essais réalisés sur l'huile de soja et le saindoux, en comparaison avec un antioxydant de référence comme le δ -tocophérol, ont révélé que cette huile essentielle peut ralentir l'oxydation des lipides et améliorer leur stabilité au cours du temps.

Cette propriété antioxydante est principalement liée à la composition chimique de l'huile essentielle. Toutefois, cette activité ne peut pas être attribuée à un seul composé, car elle résulte probablement d'un effet synergique entre plusieurs constituants présents dans l'huile [16].

2.2.4. Usages traditionnels et médicaux

Le *Juniperus phoenicea*, appelé également genévrier rouge, est largement utilisé en médecine traditionnelle, notamment à partir de ses rameaux, feuilles et fruits. Ces parties de la plante sont riches en huiles essentielles, ce qui leur confère des propriétés antiseptiques.

Les cônes et les jeunes rameaux, souvent utilisés sous forme d'infusion, sont connus pour leurs effets diurétiques, digestifs et stomachiques. Les feuilles, préparées généralement en décoction, sont utilisées dans le traitement de certaines affections telles que le diabète, la diarrhée et les rhumatismes.

Par ailleurs, la poudre des fruits séchés est traditionnellement appliquée pour traiter certaines affections cutanées, comme les ulcérations et les abcès. Dans plusieurs régions méditerranéennes, notamment en Algérie, la médecine populaire utilise principalement les feuilles de cette plante pour traiter différents troubles, et parfois un mélange de feuilles et de baies est employé comme agent hypoglycémiant ou pour soulager certaines affections broncho-pulmonaires [17].

2.3. Laurier noble (*Laurus nobilis* L.)

2.3.1. Aspect botanique

- **Taxonomie**

2.2.4..1.**Règne:** Plantae

2.2.4..2.**Embranchement:** Spermaphytes

2.2.4..3.**Sous embranchement:** Angiospermes

2.2.4..4.**Classe:** Dicotylédones

2.2.4..5.**Ordre:** Laurales

2.2.4..6.**Famille:** Lauracées

2.2.4..7.**Genre:** *laurus*

2.2.4..8.**Espèce:** *Laurus nobilis* L. [19]

- **Description botanique**

Laurus nobilis est un arbuste ou petit arbre aromatique pouvant atteindre 2 à 10 mètres de hauteur. Il possède des tiges droites de couleur grisâtre.

Les feuilles sont persistantes, alternes et coriaces, avec une surface légèrement ondulée. Elles mesurent généralement jusqu'à 16 cm de longueur et 8 cm de largeur. Leur couleur est vert foncé et brillante sur la face supérieure, tandis que la face inférieure est plus claire.

Les fleurs, de couleur jaune, sont dioïques, c'est-à-dire que les fleurs mâles et femelles se trouvent sur des pieds différents. Elles sont généralement regroupées en petites ombelles contenant 4 à 5 fleurs.

Le fruit est une petite baie ovale, mesurant environ 2 cm de long et 1 cm de large, qui devient noire et brillante à maturité [19].



Figure 3 : *Laurus nobilis* L. (Site web 2)

- **Répartition géographique**
- **Dans le monde**

Le laurier (*Laurusnobilis*) est originaire de l'Asie Mineure. Il a été introduit par les Grecs et les Romains, puis s'est progressivement répandu dans l'ensemble du bassin méditerranéen ainsi qu'en Inde.

En France, cette plante pousse naturellement en Provence, sur la côte sud-ouest et en Corse. Dans les régions d'Europe centrale, elle est généralement cultivée en pot, car elle supporte difficilement les hivers rigoureux. Les principaux pays producteurs sont la Turquie, l'Albanie, le Maroc, la Grèce et l'Italie, la Turquie représentant une grande part du commerce mondial [20].

- **En Algérie**

En Algérie, le laurier pousse surtout dans les forêts et les zones humides, notamment dans les régions d'Alger et de Constantine [20].

2.3.2. Aspect chimique

- **Composition chimique**

Les analyses phytochimiques de *Laurus nobilis* ont montré que cette plante renferme une grande diversité de composés chimiques. La composition peut varier selon l'origine de la plante, les conditions de culture et la période de récolte.

Les feuilles contiennent plusieurs constituants tels que les tanins, les mucilages, les résines, les substances pectiques et un principe amer, ainsi qu'une huile essentielle aromatique. Cette huile est principalement composée de cinéol, mais aussi de méthylchavicol, pinène, eugénol et linalol, ainsi que de certains esters d'acides organiques.

Les baies renferment également différents composés, notamment une huile grasse, de l'amidon, une petite quantité de sucre, ainsi que des principes amers et des résines. Elles peuvent aussi contenir une huile essentielle composée principalement de cinéol, géraniol et linalol.

Par ailleurs, les feuilles et les fruits contiennent d'autres substances bioactives, notamment des flavonoïdes, des acides phénoliques, des lactones, des sesquiterpènes et de la vitamine E. Les feuilles sont particulièrement riches en α -tocophérol (vitamine E), ce qui contribue aux propriétés biologiques de la plante [21].

- **Constituants majeurs**

Les principaux constituants chimiques de *Laurus nobilis* L. sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 4: Constituants chimiques majeurs de *Laurus nobilis* L. [21]

Famille chimique	Constituants principaux
Monoterpènes	1,8-cinéole (eucalyptol), α -pinène, linalol
Composés phénoliques	Eugénol, acides phénoliques
Flavonoïdes	Quercétine, kaempférol, catéchine
Sesquiterpènes et lactones	Divers sesquiterpènes
Alcaloïdes	Réticuline et dérivés isoquinoléiques
Vitamines	α -tocophérol (vitamine E)

2.3.3 Propriétés biologiques

- **Activité antibactérienne**

L'huile essentielle de *Laurus nobilis* possède également une activité antibactérienne contre plusieurs bactéries telles que *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium*. Elle peut également inhiber la croissance de certaines bactéries buccales [22].

- **Activité anti-inflammatoire**

Les extraits des feuilles de laurier ont démontré une activité anti-inflammatoire dans plusieurs études expérimentales. L'administration de ces extraits a permis de réduire l'inflammation, ce qui suggère un potentiel thérapeutique intéressant [22].

- **Effet cytotoxique**

Les extraits des feuilles de *Laurus nobilis* ont également montré une activité cytotoxique dans certains tests biologiques. Plusieurs composés isolés de cette plante, notamment les lactones sesquiterpéniques, ont présenté une activité inhibitrice sur certaines lignées cellulaires cancéreuses [22].

- **Activité antioxydante**

Plusieurs études ont montré que les extraits des feuilles, de l'écorce et des fruits de *Laurus nobilis* possèdent une activité antioxydante importante. Ces extraits sont capables d'inhiber la peroxydation des lipides, ce qui contribue à protéger les cellules contre l'oxydation. Cette activité est principalement liée à la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes et de la vitamine E (tocophérol) [22].

- **Effet antidiabétique**

Plusieurs recherches ont montré que les feuilles de *Laurus nobilis* peuvent contribuer à réduire le taux de glucose dans le sang. Les extraits de cette plante présentent une activité hypoglycémiante, notamment grâce à leur capacité à inhiber certaines enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides [22].

2.3.4. Usages traditionnels et médicaux

Le laurier noble (*Laurus nobilis* L.) est une plante importante utilisée dans plusieurs domaines tels que l'alimentation, la médecine traditionnelle et l'industrie cosmétique. Depuis longtemps, il est connu pour ses nombreuses propriétés pharmacologiques, notamment antibactériennes, antioxydantes, antifongiques et insecticides [21].

Les feuilles de *Laurus nobilis* sont parmi les épices les plus utilisées dans le monde. Elles sont couramment employées comme condiment en cuisine pour aromatiser les soupes, les sauces et les ragoûts, et sont également utilisées comme aromatisant dans l'industrie alimentaire [21].

En médecine traditionnelle, le laurier est utilisé pour soulager certains troubles digestifs tels que les ballonnements, la digestion lente et les flatulences. Dans certaines médecines traditionnelles, l'extrait aqueux de laurier est utilisé pour ses propriétés diurétiques, antirhumatismales et antihémorroïdales [21].

Les feuilles sont également utilisées pour traiter l'épilepsie et certains troubles neurologiques.

Le laurier possède aussi des propriétés anti-inflammatoires et antiseptiques grâce aux composés actifs qu'il contient. Son huile essentielle est utilisée en application externe pour soulager les rhumatismes, les douleurs musculaires et certaines affections cutanées [21].

Par ailleurs, l'huile essentielle de laurier est utilisée dans l'industrie cosmétique, notamment en parfumerie et dans la fabrication des savons, et peut également servir d'insectifuge naturel. Cependant, son utilisation doit être contrôlée, car un dosage excessif peut provoquer des réactions allergiques [21].

Chapitre III: Les souches microbiennes utilisées

1. Généralités sur les microorganismes

Les microorganismes sont des organismes microscopiques largement répandus dans l'environnement, notamment dans le sol, l'air, l'eau et les aliments. Ils comprennent principalement les bactéries, les levures et les moisissures. Ces microorganismes jouent un rôle essentiel dans plusieurs domaines biologiques, environnementaux, alimentaires et médicaux. Certains participent à des processus bénéfiques tels que la décomposition de la matière organique et la production de substances utiles, tandis que d'autres peuvent être responsables de contaminations et d'infections. L'étude des microorganismes représente ainsi un domaine important en microbiologie en raison de leur impact sur la santé publique et l'environnement [23].

2. Les souches bactériennes étudiées

2.1. Généralités sur *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie à Gram négatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elle se présente sous forme de bacille, généralement mobile grâce à la présence de flagelles, et se développe principalement dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. Cette bactérie est largement répandue dans l'environnement, notamment dans l'eau, le sol et les aliments contaminés. La majorité des souches de *E. coli* sont inoffensives et participent à l'équilibre de la flore intestinale, cependant certaines souches pathogènes peuvent provoquer des infections intestinales, urinaires et alimentaires. *E. coli* possède également une grande importance médicale, industrielle et biotechnologique grâce à son utilisation dans plusieurs domaines de la recherche scientifique et de la production biologique [24].

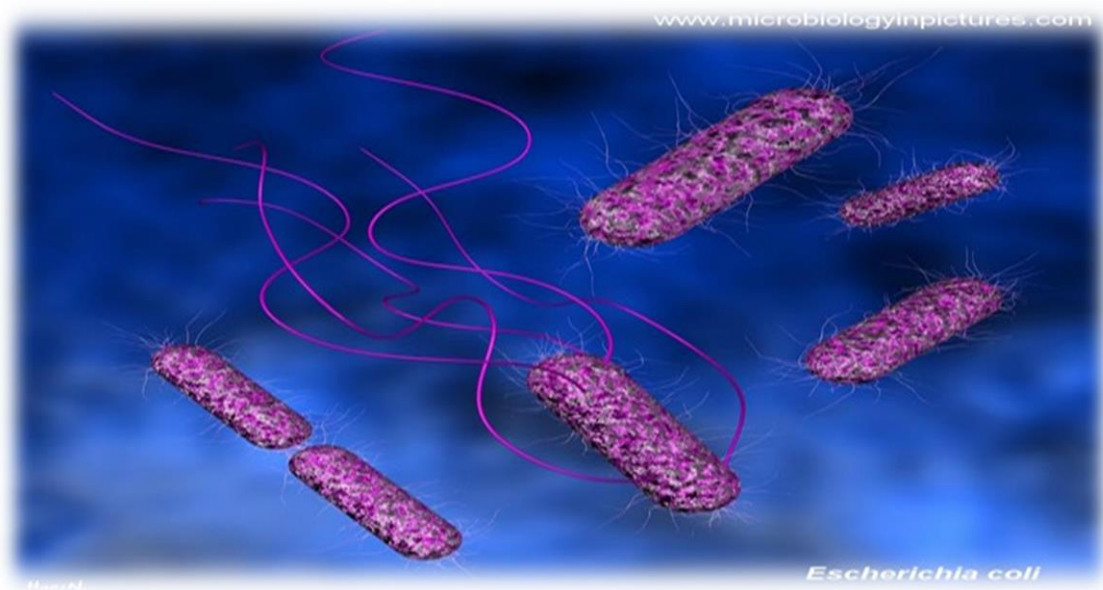


Figure 4 : Aspect microscopique de *Escherichia coli* (Site web 3)

2.2. Généralités sur *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae est une bactérie à Gram négatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elle se présente sous forme de bacille encapsulé, immobile et non sporulé. Cette bactérie est largement présente dans l'environnement ainsi que dans le microbiote intestinal humain. *K. pneumoniae* est reconnue comme un agent pathogène opportuniste responsable de diverses infections, notamment les infections urinaires, respiratoires et nosocomiales. Elle possède plusieurs facteurs de virulence, parmi lesquels la capsule polysaccharidique et la capacité de former des biofilms, favorisant sa résistance aux antibiotiques et sa persistance dans les milieux hospitaliers [25].

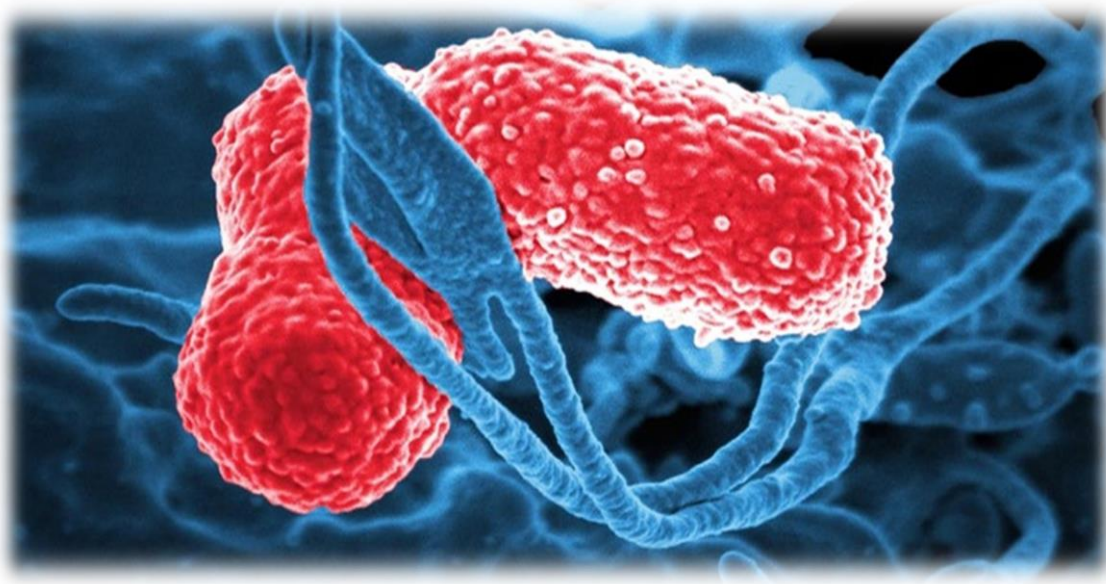


Figure 5 : Aspect microscopique de *Klebsiella pneumoniae* (Site web 4)

2.3. Généralités sur *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie à Gram positif appartenant à la famille des Staphylococcaceae. Elle se présente sous forme de coques regroupées en grappes et possède une grande capacité d'adaptation à différents environnements. Cette bactérie est naturellement présente sur la peau et les muqueuses de l'homme, mais elle peut également devenir un agent pathogène opportuniste responsable de diverses infections cutanées, respiratoires, alimentaires et nosocomiales. *S. aureus* possède plusieurs facteurs de virulence lui permettant d'adhérer aux tissus, d'échapper au système immunitaire et de produire des toxines contribuant à la pathogénicité des infections [26].

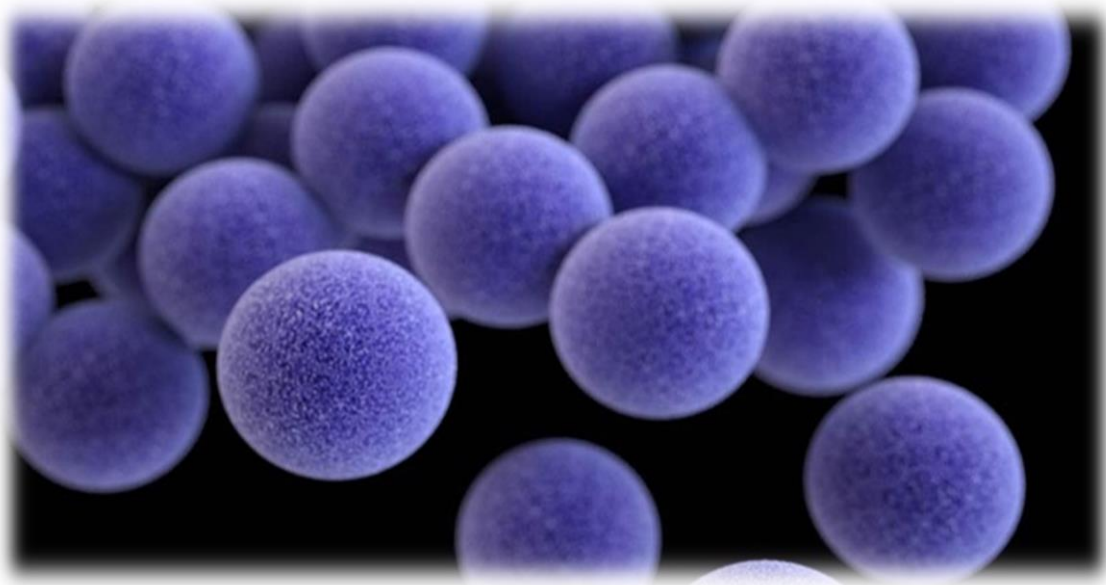


Figure 6 : Aspect microscopique de *Staphylococcus aureus* (Site web 5)

3 Les souches fongiques étudiées

3.1. Généralités sur le genre *Aspergillus*

Le genre *Aspergillus* regroupe des champignons filamenteux largement répandus dans l'environnement, notamment dans le sol, l'air et les matières organiques. Il se caractérise par la production de spores asexuées appelées conidies au niveau des conidiophores. Certaines espèces présentent une importance médicale, alimentaire et environnementale en raison de leur capacité à produire des mycotoxines et à provoquer différentes infections appelées aspergilloses. Parmi les espèces les plus connues figurent *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus* et *Aspergillus niger* [27].

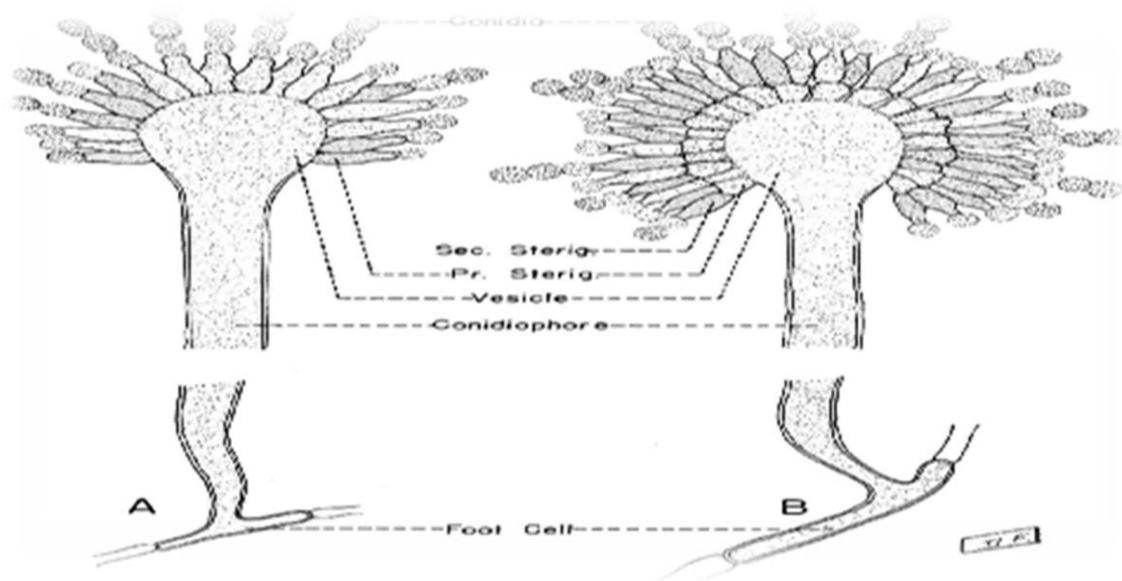


Figure 7 : Morphologie microscopique du genre *Aspergillus* (Site web 6)

3.1.1. Généralités sur *Aspergillus niger*

Aspergillus niger est une espèce de champignon filamenteux appartenant au genre *Aspergillus*. Il est largement distribué dans l'environnement, notamment dans le sol, l'air et les matières organiques en décomposition. Sur le plan morphologique, *A. niger* se caractérise par des colonies de couleur noire à brun foncé avec une croissance rapide. Microscopiquement, il présente des conidiophores lisses terminés par des vésicules sphériques portant des phialides produisant des conidies noires. Cette espèce possède une grande importance industrielle grâce à son utilisation dans la production d'enzymes et d'acides organiques, notamment l'acide citrique. Cependant, certaines souches peuvent produire des mycotoxines et provoquer des infections opportunistes chez l'homme [28].

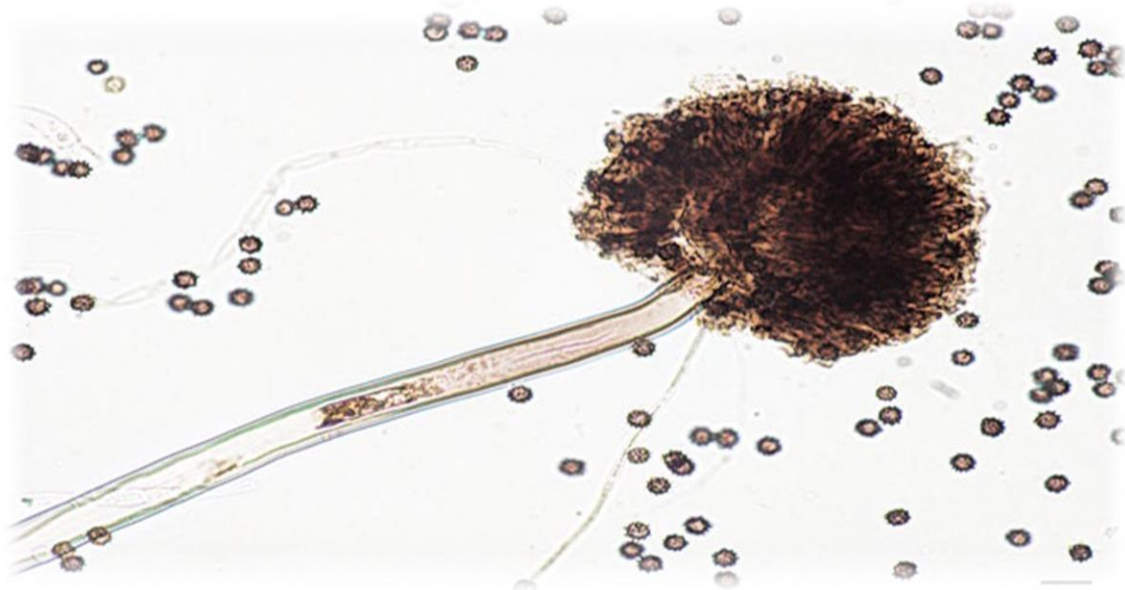


Figure 8 : Aspect microscopique de *Aspergillus niger* (Site web 7)

3.2. Généralités sur le genre *Trichoderma*

Trichoderma est un genre de champignons filamenteux largement répandu dans le sol et les matières organiques. Les espèces de *Trichoderma* se caractérisent par une croissance rapide et des colonies généralement de couleur verte à vert foncé. Microscopiquement, elles possèdent des conidiophores ramifiés produisant des conidies unicellulaires. Ce genre présente une grande importance agricole et environnementale grâce à son rôle dans la dégradation de la matière organique, la protection des plantes et le contrôle biologique de plusieurs agents pathogènes. Certaines espèces sont également utilisées dans les domaines biotechnologique et industriel [29].



Figure 9 : Aspect microscopique de *Trichoderma* sp. (Site web 8)

3.3. Généralités sur le genre *Rhizopus*

Rhizopus sp est un genre de champignons filamenteux largement répandu dans le sol, l'air et les matières organiques. Les espèces de *Rhizopus* se caractérisent par une croissance rapide avec des colonies cotonneuses de couleur blanche devenant gris foncé à noirâtre avec le temps. Microscopiquement, elles présentent des sporangiophores portant des sporanges contenant de nombreuses spores. Ce genre joue un rôle important dans la décomposition de la matière organique et intervient également dans plusieurs procédés de fermentation alimentaire. Cependant, certaines espèces peuvent être responsables d'altérations alimentaires et d'infections opportunistes chez l'homme [30].

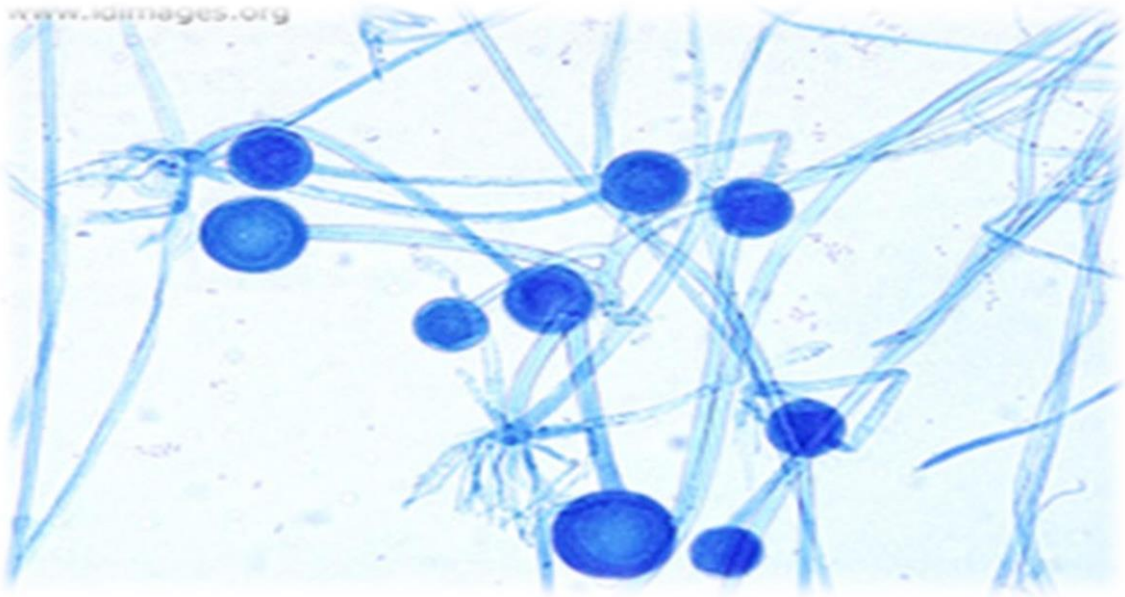


Figure 10 : Aspect microscopique de *Rhizopus* sp. (Site web 9)

Deuxième partie: Etude Expérimentale

Chapitre I: Matériel et Méthodes

I. Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal

1.1. Romarin

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est le romarin (*Rosmarinus officinalis*), récolté dans la région de Thlidjane, wilaya de Tébessa (Algérie), au mois de juillet. La plante entière (tiges et feuilles) a été séchée à l'ombre pendant une semaine, puis conservée dans un endroit sec et à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation. Avant l'expérimentation, les feuilles ont été séparées des tiges, puis seules les feuilles ont été utilisées pour les analyses. Celles-ci ont été légèrement broyées afin d'obtenir de petits fragments facilitant leur manipulation au laboratoire.



Figure 11 : Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) utilisées dans l'étude (photo personnelle)

1.2 Genévrier

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est le genévrier, récolté dans la région de Thlidjane, wilaya de Tébessa (Algérie), au mois de janvier. Il s'agit d'un arbre dont seules les feuilles ont été prélevées, sans les tiges. Après la récolte, les feuilles ont été séchées à l'ombre pendant une semaine, puis conservées dans un endroit sec et à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation. Avant l'expérimentation, les feuilles ont été légèrement broyées à l'aide d'un mixeur électrique du laboratoire, afin d'obtenir de petits fragments et non une poudre fine, facilitant ainsi leur manipulation.



Figure 12 : Feuilles séchées de genévrier (*Juniperus phoenicea*) (photo personnelle)

1.3 Laurier

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est le laurier (*Laurus nobilis*), récolté dans la région de Hammam Sidi Trad, commune de Zitouna wilaya de El Tarf (Algérie). Cette plante pousse à l'état sauvage dans les zones montagneuses et n'est pas cultivée dans les jardins. La récolte a été réalisée au mois d'avril, et seules les feuilles ont été utilisées pour l'extraction. Après la récolte, les feuilles ont été séchées dans l'étuve de laboratoire à température contrôlée, puis conservées dans un endroit sec et à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation. Avant l'expérimentation, les feuilles ont été légèrement fragmentées (et non réduites en poudre), afin de faciliter leur manipulation.



Figure 13 : Laurier (*Laurus nobilis*) utilisées dans l'étude (photo personnelle)

2. Matériel microbien

Les souches microbiennes étudiées dans ce travail regroupent différentes bactéries et moisissures présentant une importance médicale, alimentaire et environnementale. Ces microorganismes se distinguent par leurs caractéristiques morphologiques et biologiques ainsi que par leur capacité à provoquer des contaminations et diverses infections. Leur étude permet de mieux comprendre leur comportement microbiologique et leur sensibilité aux différentes huiles essentielles testées. Ces souches ont été fournies par le laboratoire de microbiologie, département de Biochimie, université Badji Mokhtar, Annaba, et conservées dans des conditions appropriées jusqu'à leur utilisation.

2.1 Souches bactériennes

- *Escherichia coli*
- *Klebsiella pneumoniae*
- *Staphylococcus aureus*

2.2 Souches fongiques

- *Aspergillus niger*
- *Rhizopus* sp.
- *Trichoderma* sp.

3. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée au niveau du laboratoire de chimie de l'Université Chadli Bendjedid, EL TARF, à l'aide d'un hydrodistillateur de type Clevenger. Une masse de 100 g de matériel végétal a été pesée à l'aide d'une balance de laboratoire. Ensuite, 500 mL d'eau ont été mesurés à l'aide d'un bécher puis ajoutés au matériel végétal placé dans le ballon de l'appareil. Le mélange a été chauffé pendant 2 à 3 heures afin de permettre l'extraction des composés volatils par entraînement à la vapeur d'eau. À la fin du procédé, l'huile essentielle obtenue a été récupérée puis conservée dans des tubes hermétiques à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation [31].



Figure 14 : Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger

3.1 Calcul du rendement des huiles essentielles

Le rendement en huile essentielle a été calculé après extraction selon la formule suivante [31] :

$$\text{Rd} = \frac{m}{m_0} \times 100$$

Avec :

Rd : rendement en H.E exprimée en pourcentage.

m : masse en gramme de l'HE.

m₀ : masse en gramme de la matière végétale sèche.

4. Préparation des souches microbiennes

4.1 Repiquage des bactéries

Le repiquage des souches bactériennes a été effectué selon la méthode des stries (streak plating technique) [32] sur milieu GN coulé dans des boîtes de Pétri stériles. Toutes les manipulations ont été réalisées dans des conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen afin de prévenir toute contamination. Une colonie jeune de chaque souche a été prélevée à l'aide d'une anse de platine stérilisée à la flamme puis refroidie, avant d'être ensemencée par stries à la surface du milieu de culture. Une boîte de Pétri a été utilisée pour chaque souche bactérienne étudiée. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h afin d'obtenir des cultures jeunes et pures.



Figure 15 : Repiquage des souches bactériennes sur milieu GN

4.2 Repiquage des moisissures

Le repiquage des souches fongiques a été effectué dans des conditions aseptiques [32], à proximité d'un bec Bunsen afin de prévenir toute contamination. Le milieu Potato Dextrose Agar (PDA) a été préparé, puis réparti dans des boîtes de Pétri stériles et laissé refroidir jusqu'à sa solidification. À l'aide d'une anse de platine stérilisée, un fragment mycélien ou des spores de chaque moisissure ont été prélevés puis déposés au centre des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA. Une boîte de Pétri a été préparée pour chaque souche fongique étudiée. Les cultures ont ensuite été incubées à une température comprise entre 25 et 28 °C pendant 7 jours.



Figure 16 : Repiquage des souches fongiques sur milieu PDA

4.1 Préparation des suspensions microbiennes

Des tubes stériles contenant de l'eau physiologique stérile ont été préparés dans des conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen. À l'aide d'une anse de platine stérilisée à la flamme, quelques colonies bactériennes jeunes ainsi que des spores fongiques ont été prélevées puis introduites dans des tubes stériles. Les suspensions obtenues ont ensuite été homogénéisées à l'aide d'un vortex afin d'obtenir des suspensions microbiennes homogènes[33].



Figure 17 : Préparation des suspensions microbiennes

5. Activité antimicrobiennes des huiles essentielles

5.1 Activité antibactérienne des huiles essentielles

L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été évaluée par la méthode de diffusion sur disque [34]. Le milieu Mueller Hinton Agar (MHA), préalablement préparé et stérilisé, a été coulé dans des boîtes de Petri stériles puis laissé solidifier. Les boîtes ont ensuite été ensemencées avec les suspensions bactériennes préparées précédemment. Trois disques stériles ont été déposés à la surface du milieu inoculé. À l'aide d'une micropipette munie d'embouts stériles, 20 μ L de chaque huile essentielle ont été déposés sur les disques : *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis* et *Juniperus phoenicea*. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h. Après incubation, l'activité antibactérienne a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition formées autour des disques imprégnés d'huiles essentielles.

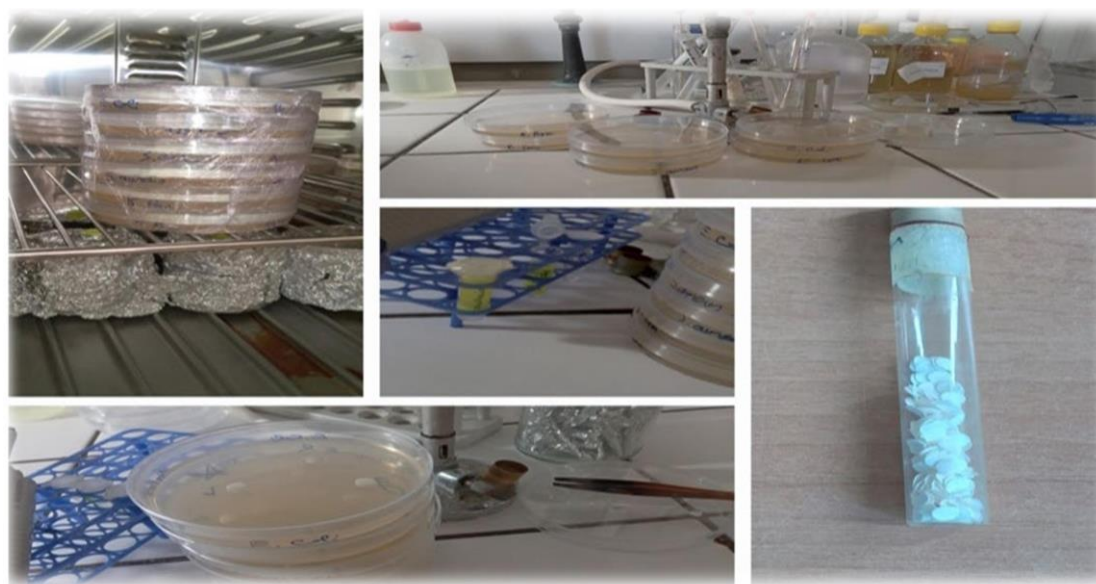


Figure 18 : Test de l'activité antibactérienne par diffusion sur disque

5.2 Activité antifongique des huiles essentielles

L'activité antifongique des huiles essentielles a été évaluée par la méthode de diffusion sur disque [34]. Le milieu Potato Dextrose Agar (PDA), préalablement préparé et stérilisé, a été coulé dans des boîtes de Pétri stériles puis laissé refroidir jusqu'à sa solidification. Les suspensions fongiques ont ensuite été étalées à la surface du milieu. Trois disques stériles ont été déposés sur chaque boîte inoculée. À l'aide d'une micropipette munie d'embouts stériles, 30 μ L de chaque huile essentielle ont été déposés sur les disques. Les boîtes ont ensuite été incubées à 27 °C pendant 7 jours. Après incubation, l'activité antifongique a été évaluée par l'observation et la mesure des zones d'inhibition formées autour des disques imprégnés d'huiles essentielles.

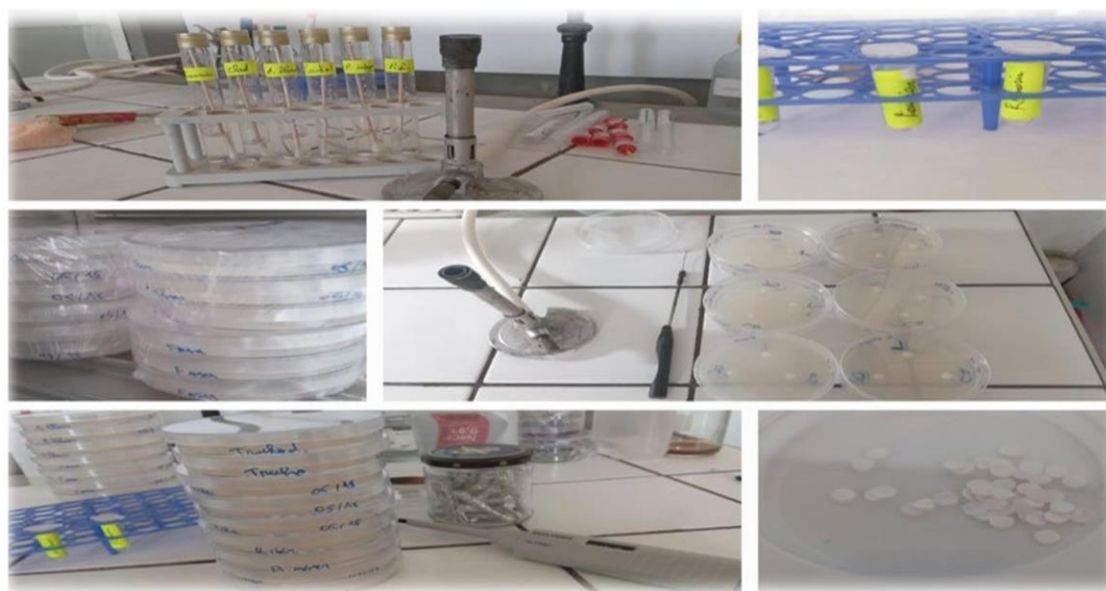


Figure 19 : Évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles

5.3 Mesure des zones d'inhibition

Après incubation, l'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition formées autour des disques imprégnés d'huiles essentielles. Les mesures ont été exprimées en millimètres (mm) à l'aide d'une règle graduée [34].



Figure 20 : Zones d'inhibition observées

Chapitre II: Résultats et Discussion

II. Résultats et Discussion

1. Le Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

1.1. Activité antibactérienne

1.1.1 Résultats

Les résultats de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* vis-à-vis des souches bactériennes testées sont présentés dans le **tableau 5**. L'efficacité de l'huile essentielle a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition exprimés en millimètres(mm).

Tableau 5 : Activité antibactérienne du romarin

Souches bactériennes	Zone d'inhibition (mm)
<i>Staphylococcus aureus</i>	20
<i>Escherichia coli</i>	14
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	26
Contrôle négative	R

Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles testées présentent une activité antibactérienne variable selon les souches bactériennes étudiées. Les diamètres des zones d'inhibition observés indiquent une sensibilité différente des bactéries vis-à-vis des huiles essentielles. La souche *Klebsiella pneumoniae* a montré la sensibilité la plus élevée, avec des zones d'inhibition importantes de **26 mm**, notamment pour l'huile essentielle de romarin. En revanche, *Escherichia coli* a présenté la plus faible sensibilité avec une zone d'inhibition de **14 mm**. Quant à *Staphylococcus aureus*, elle a montré une sensibilité intermédiaire avec une zone d'inhibition de **20 mm**, (voir **Figure 21**).

1.1.2. Discussion

- ***Staphylococcus aureus***

Les résultats obtenus indiquent une sensibilité de *Staphylococcus aureus* à l'huile essentielle de romarin. Ces observations sont similaires à celles rapportées par **Soliman et al. [35]**, qui ont mis en évidence une activité antibactérienne importante du romarin contre les bactéries Gram positives.

La forte sensibilité de *Staphylococcus aureus* peut être expliquée par la structure de sa paroi cellulaire, plus perméable aux composés hydrophobes présents dans les huiles essentielles.

- ***Escherichia coli***

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* possède une activité inhibitrice contre *Escherichia coli*. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Soliman et al. [35]**, qui ont démontré une activité antimicrobienne du romarin contre plusieurs bactéries pathogènes, notamment *Escherichia coli*.

Cette activité pourrait être liée à la présence de composés bioactifs tels que le camphre, le 1,8-cinéole et l' α -pinène, connus pour leur effet perturbateur sur la membrane cellulaire bactérienne.

- ***Klebsiella pneumoniae***

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de romarin possède une activité antibactérienne contre *Klebsiella pneumoniae*, caractérisée par la présence d'une zone d'inhibition autour du disque imprégné. Cependant, ces résultats diffèrent de ceux rapportés par **Rathore et al [36]**, qui ont montré une résistance de *K. pneumoniae* vis-à-vis de l'huile essentielle de romarin.

Cette différence pourrait être liée à plusieurs facteurs, notamment la variation de la composition chimique des huiles essentielles, l'origine géographique des plantes, les conditions de récolte ainsi que la méthode d'extraction utilisée. L'activité observée pourrait également être attribuée à la présence de composés bioactifs tels que le 1,8-cinéole, l' α -pinène et le camphre, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

1.2. Activité antifongique

1.2.1. Résultats

Les résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* vis-à-vis des souches fongiques testées sont regroupés dans le **tableau 6**. L'activité a été déterminée à partir des diamètres des zones d'inhibition mesurés en millimètres (mm).

Tableau 6 : Activité antifongique du romarin

Souches fongiques	Zone d'inhibition (mm)
<i>Aspergillus niger</i>	R
<i>Trichoderma</i> sp.	R
<i>Rhizopus</i> sp.	R
Contrôle négative	R

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* n'a présenté aucune activité antifongique vis-à-vis des souches testées. Aucune zone d'inhibition n'a été observée pour *Aspergillus niger*, *Trichoderma* sp. et *Rhizopus* sp., indiquant une résistance de ces souches à l'huile essentielle dans les conditions expérimentales adoptées (voir **Figure 22**).

1.2.2. Discussion de l'activité antifongique

- *Aspergillus niger*

Dans notre étude, aucune activité antifongique n'a été observée contre *Aspergillus niger*, aucune zone d'inhibition n'ayant été enregistrée autour du disque imprégné de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*. Cependant, **Hendel et al. (2024) [37]**, ont rapporté une activité antifongique de l'huile essentielle de romarin contre plusieurs moisissures du genre *Aspergillus*. Cette différence pourrait être liée à la variabilité des souches fongiques utilisées, à la composition chimique de l'huile essentielle ou aux conditions expérimentales adoptées. L'activité antifongique du romarin est généralement attribuée à la présence de composés tels que le camphre, l' α -pinène et le 1,8-cinéole, capables de perturber la membrane cellulaire et d'inhiber la croissance fongique.

- *Rhizopus* sp.

Dans notre étude, aucune activité antifongique n'a été observée contre *Rhizopus* sp., aucune zone d'inhibition n'ayant été enregistrée autour du disque imprégné de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*. Ce résultat est en accord avec l'étude de **Rafya et al. (2025) [38]**, qui ont rapporté que *Rhizopus* sp. figurait parmi les souches fongiques les plus résistantes aux produits dérivés du romarin. Cette résistance pourrait être liée à la structure de la paroi cellulaire du champignon ainsi qu'à sa capacité à limiter la pénétration des composés actifs de l'huile essentielle. L'activité antifongique du romarin est généralement attribuée à des composés tels que le camphre, l' α -pinène et le 1,8-cinéole, mais leur efficacité peut varier selon l'espèce fongique étudiée.

- *Trichoderma* sp.

Dans notre étude, aucune activité antifongique n'a été observée contre *Trichoderma* sp., aucune zone d'inhibition n'ayant été enregistrée autour du disque imprégné de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*. Cependant, **Paolino et al. (2025) [39]**, ont rapporté une sensibilité de *Trichoderma longibrachiatum* à différentes concentrations d'huile essentielle de romarin. Cette différence pourrait être liée à la variabilité des espèces et des souches fongiques utilisées, à la composition chimique de l'huile essentielle ou encore aux conditions expérimentales adoptées. L'activité antifongique du romarin est

généralement attribuée à la présence de composés bioactifs tels que le camphre, l' α -pinène et le 1,8-cinéole, capables d'altérer la membrane cellulaire fongique, de perturber sa perméabilité et d'inhiber la croissance mycélienne.

2. genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*)

2.1. Activité antibactérienne

2.1.1. Résultats

Les résultats de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* vis-à-vis des souches bactériennes testées sont présentés dans **le tableau 7**. L'efficacité de l'huile essentielle a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition exprimés en millimètres (mm).

Tableau 7 : Activité antibactérienne du genévrier

Souches bactériennes	Zone d'inhibition (mm)
<i>Staphylococcus aureus</i>	25
<i>Escherichia coli</i>	R
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	11
Contrôle négative	R

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de genévrier présente une activité antibactérienne variable selon les souches bactériennes testées. Les diamètres des zones d'inhibition observés révèlent une différence de sensibilité vis-à-vis de cette huile essentielle. La souche *Staphylococcus aureus* a montré la sensibilité la plus élevée avec une zone d'inhibition de **25 mm**. En revanche, *Klebsiella pneumoniae* a présenté une faible sensibilité caractérisée par une zone d'inhibition de **11 mm**. Aucune zone d'inhibition n'a été observée pour *Escherichia coli*, indiquant une résistance de cette souche à l'huile essentielle de genévrier dans les conditions expérimentales adoptées, (voir **Figure 21**).

2.1.2. Discussion

- *Staphylococcus aureus*

La souche *Staphylococcus aureus* a présenté une sensibilité importante à l'huile essentielle de genévrier. Ce résultat est en accord avec l'étude de **Spengler et al. (2022) [40]**, qui ont rapporté une forte activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* contre les bactéries Gram positif, notamment *S. aureus*. Cette activité pourrait être attribuée à la présence de composés terpéniques tels que l' α -pinène, le limonène et le β -pinène, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

- ***Escherichia coli***

Aucune zone d'inhibition n'a été observée contre *Escherichia coli* dans notre étude. Toutefois, **Spengler et al. (2022) [40]**, ont signalé une activité de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* contre cette bactérie. Cette différence pourrait être liée à la composition chimique de l'huile essentielle, à la concentration utilisée ou encore aux caractéristiques de la souche bactérienne testée. La membrane externe des bactéries Gram négatif constitue également une barrière limitant l'action des composés actifs.

- ***Klebsiella pneumoniae***

Concernant *Klebsiella pneumoniae*, une faible activité antibactérienne a été observée dans notre étude. Ce résultat est cohérent avec les observations rapportées par **Spengler et al. (2022) [40]**, qui ont montré que les bactéries Gram négatif étaient généralement moins sensibles à l'huile essentielle de *Juniperus* que les bactéries Gram positif. Cette faible sensibilité pourrait être expliquée par la présence d'une membrane externe protectrice réduisant la pénétration des composés bioactifs de l'huile essentielle.

2.2. Activité antifongique

2.2.1. Résultats

Les résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* vis-à-vis des souches fongiques testées sont regroupés dans **le tableau 8**. L'activité a été déterminée à partir des diamètres des zones d'inhibition mesurés en millimètres (mm).

Tableau 8 : Activité antifongique du genévrier

Souches fongiques	Zone d'inhibition (mm)
Aspergillus niger	12
Trichoderma sp.	14
Rhizopus sp.	R
Contrôle négative	R

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* présente une activité antifongique variable selon les souches fongiques étudiées. Les diamètres des zones d'inhibition observés indiquent une sensibilité différente des moisissures vis-à-vis de cette huile essentielle. La souche *Trichoderma sp.* a montré la sensibilité la plus élevée avec une zone d'inhibition de **14 mm**. *Aspergillus niger* a présenté une sensibilité modérée avec une zone d'inhibition de **12 mm**. En revanche, aucune zone d'inhibition n'a été observée pour *Rhizopus sp.*, indiquant une résistance de cette souche à l'huile

essentielle de genévrier dans les conditions expérimentales adoptées (voir **Figure 22**)

2.1.1. Discussion de l'activité antifongique

- *Aspergillus niger*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* possède une activité antifongique modérée vis-à-vis de *Aspergillus niger*, avec une zone d'inhibition de **12 mm**. Ces résultats diffèrent de ceux rapportés par **Lafraxo et al. (2022) [41]**, qui ont montré que l'huile essentielle de *Juniperus thurifera* ne présentait aucune activité antifongique contre *A. niger*. Cette différence pourrait être attribuée à la variabilité entre les espèces du genre *Juniperus*, aux différences de composition chimique des huiles essentielles ainsi qu'aux conditions expérimentales utilisées.

L'activité antifongique observée pourrait être liée à la présence de composés terpéniques tels que l' α -pinène, le limonène et d'autres monoterpènes, connus pour leur capacité à perturber l'intégrité de la membrane cellulaire fongique, à modifier sa perméabilité et à inhiber la croissance mycélienne.

- *Rhizopus sp.*

Dans notre étude, aucune activité antifongique de l'huile essentielle de genévrier n'a été observée vis-à-vis de *Rhizopus sp.*, la souche ayant montré une résistance totale à l'extrait testé. En revanche, **Akarca et al. (2023) [42]**, ont rapporté une forte sensibilité de *Rhizopus nigricans* à l'huile essentielle de *Juniperus sabina*, avec un diamètre d'inhibition atteignant 22,57 mm. Cette différence pourrait être attribuée à la variabilité des espèces fongiques étudiées, à la composition chimique de l'huile essentielle utilisée ainsi qu'aux conditions expérimentales appliquées. L'activité antifongique observée par ces auteurs a été reliée à la présence de composés terpéniques majeurs tels que le sabinène, l' α -pinène, le limonène et le β -myrcène, connus pour leur capacité à altérer l'intégrité de la membrane cellulaire fongique et à inhiber la croissance mycélienne.

- *Trichoderma sp.*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* présente une activité antifongique vis-à-vis de *Trichoderma sp.*, avec une zone d'inhibition de 14 mm. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par **Özcan Ateş (2024) [43]**, qui a mis en évidence une activité antifongique de produits dérivés du genre *Juniperus* contre différentes souches fongiques, dont *Trichoderma sp.*. Cette activité pourrait être attribuée à la présence de composés terpéniques tels que l' α -pinène, connus pour leurs propriétés antifongiques.

3. Laurier noble (*Laurus nobilis* L.)

3.1. Activité antibactérienne

3.1.1. Résultats

Les résultats de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Laurusnobilis* vis-à-vis des souches bactériennes testées sont présentés dans **le tableau 9**. L'efficacité de l'huile essentielle a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition exprimés en millimètres (mm).

Tableau 9 : Activité antibactérienne du laurier

Souches bactériennes	Zone d'inhibition (mm)
<i>Staphylococcus aureus</i>	24
<i>Escherichia coli</i>	10
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	13
Contrôle négative	R

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de laurier présente une activité antibactérienne variable selon les souches bactériennes testées. Les diamètres des zones d'inhibition observés révèlent une différence de sensibilité vis-à-vis de cette huile essentielle. La souche *Staphylococcus aureus* a montré la sensibilité la plus élevée avec une zone d'inhibition de **24mm**. *Klebsiella pneumoniae* a présenté une sensibilité modérée avec une zone d'inhibition de **13mm**, tandis que *Escherichia coli* a montré la plus faible sensibilité avec une zone d'inhibition de **10mm** (voir **figure21**).

3.1.2. Discussion de l'activité antibactérienne

- *Staphylococcus aureus*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* présente une activité antibactérienne importante vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, avec une zone d'inhibition de **24 mm**. Ce résultat est supérieur à celui rapporté par **Sancer et al. (2024) [44]**, qui ont observé une zone d'inhibition de 15 mm pour cette même souche. Cette différence pourrait être liée à la composition chimique de l'huile essentielle utilisée ainsi qu'aux conditions expérimentales adoptées.

- *Escherichia coli*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* présente une activité antibactérienne vis-à-vis de *Escherichia coli*, avec une zone d'inhibition de **10 mm**. Ce résultat est en accord avec ceux rapportés par **Tahiri et al. (2024) [45]**, qui ont montré que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* possède une activité antibactérienne contre *E. coli*. Les auteurs ont également signalé que cette huile essentielle était active contre plusieurs souches bactériennes pathogènes. Cette activité pourrait être liée à la présence de composés bioactifs tels que l'eucalyptol, l' α -terpinyl acétate et le méthyl-eugénol identifiés dans l'huile essentielle de *Laurus nobilis*.

- *Klebsiella pneumoniae*

Concernant *Klebsiella pneumoniae*, l'huile essentielle de *Laurus nobilis* a montré une activité antibactérienne avec une zone d'inhibition de **13 mm**. Ce résultat est également supérieur à celui obtenu par **Sancer et al. (2024) [44]**, qui ont rapporté une zone d'inhibition de 8 mm contre cette souche. Les auteurs ont conclu que l'extrait de *Laurus nobilis* possède une activité antibactérienne vis-à-vis de *K. pneumoniae*, ce qui est en accord avec nos résultats.

3.2. Activité antifongique

3.2.1. Résultats

Les résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* vis-à-vis des souches fongiques testées sont regroupés dans **le tableau 10**. L'activité a été déterminée à partir des diamètres des zones d'inhibition mesurés en millimètres (mm).

Tableau 10 : Activité antifongique du laurier

Souches fongiques	Zone d'inhibition (mm)
<i>Aspergillus niger</i>	60
<i>Trichoderma</i> sp.	30
<i>Rhizopus</i> sp.	12
Contrôle négative	R

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de laurier possède une activité antifongique variable selon les souches fongiques testées. La souche *Aspergillus niger* a présenté la sensibilité la plus élevée avec une zone d'inhibition de **60mm**. Une activité antifongique importante a également été observée

contre *Trichoderma* sp. avec une zone d'inhibition de **30mm**. En revanche, *Rhizopus* sp. a montré la plus faible sensibilité avec une zone d'inhibition de **12mm** (voir **Figure22**).

3.2.2. Discussion de l'activité antifongique

- *Aspergillus niger*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* présente une forte activité antifongique vis-à-vis de *Aspergillus niger*, avec une zone d'inhibition de **60 mm**. Cependant, ces résultats diffèrent de ceux rapportés par **Campolina et al. (2024) [46]**, qui ont observé une faible sensibilité de *A. niger* à l'huile essentielle de *Laurus nobilis*, voire une absence d'effet inhibiteur aux concentrations étudiées. Cette différence pourrait être attribuée à plusieurs facteurs, notamment l'origine botanique de la plante, la composition chimique de l'huile essentielle, les conditions expérimentales utilisées ou encore la variabilité des souches fongiques testées. L'activité observée dans notre étude pourrait être liée à la présence de composés bioactifs tels que le 1,8-cinéole, l' α -pinène et le sabinène, connus pour leurs propriétés antifongiques.

- *Rhizopus* sp.

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* présente une activité antifongique modérée vis-à-vis de *Rhizopus* sp., avec une zone d'inhibition de **12 mm**. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Uzsáková et al [47]**, qui ont rapporté que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* était capable d'inhiber la croissance de *Rhizopus stolonifer*, bien que cette souche ait présenté une sensibilité relativement faible par rapport à d'autres huiles essentielles testées. Cette activité antifongique pourrait être attribuée à la présence de composés bioactifs tels que le 1,8-cinéole, l' α -pinène et le sabinène, connus pour leur capacité à perturber la membrane cellulaire fongique et à limiter le développement du mycélium.

- *Trichoderma* sp.

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* possède une activité antifongique importante vis-à-vis de *Trichoderma* sp., avec une zone d'inhibition de **30 mm**. Ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés par **Mssillou et al. (2020) [48]**, qui ont observé une zone d'inhibition de 6,05 mm contre *Trichoderma viride*. Cette différence pourrait être liée à la variabilité de la composition chimique des huiles essentielles selon l'origine géographique de la plante, les conditions de récolte et la méthode d'extraction. L'activité antifongique observée pourrait être attribuée à la présence de composés

bioactifs tels que le 1,8-cinéole, l' α -pinène et le sabinène, connus pour leur action inhibitrice sur la croissance fongique.

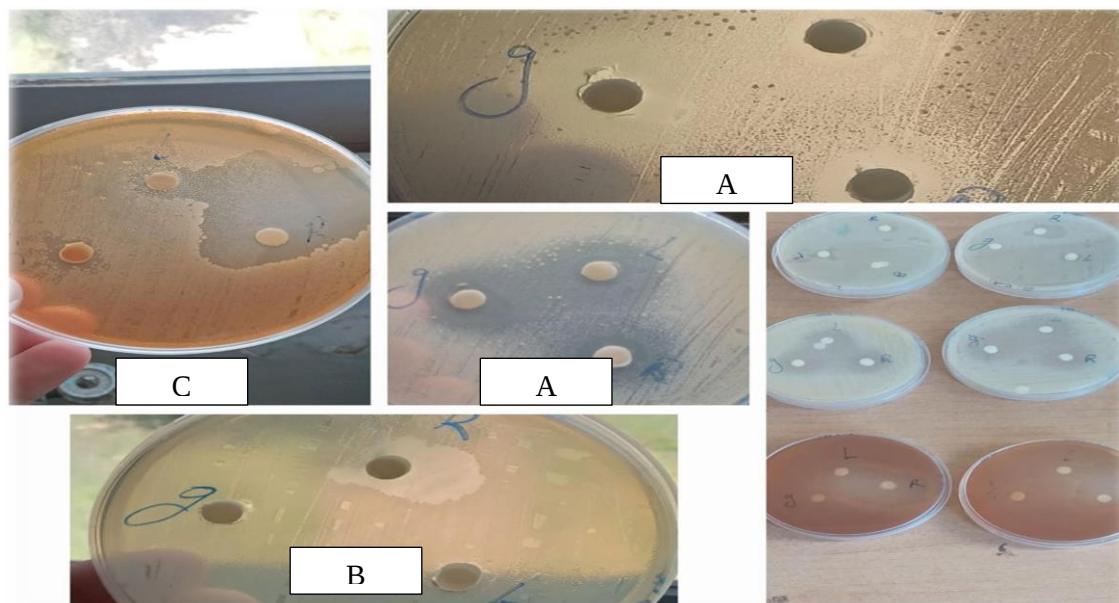


Figure 21 : Activité antibactérienne des huiles essentielles vis-à-vis des souches bactériennes testées :
(A) *Staphylococcus aureus* ; (B) *Escherichia coli* ; (C) *Klebsiella pneumoniae*

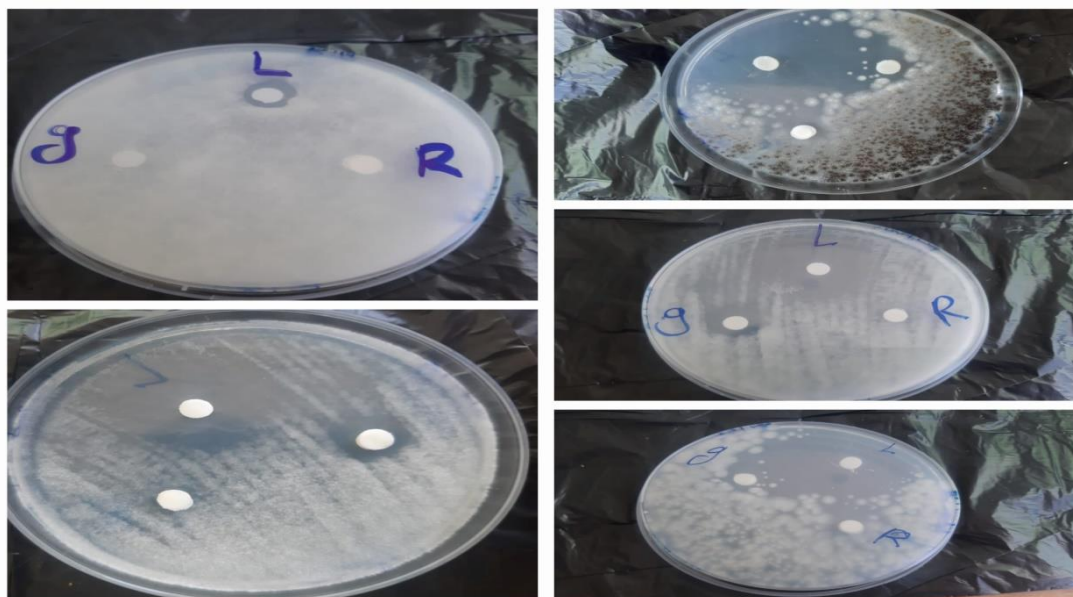


Figure 22 : Activité antifongique des huiles essentielles vis-à-vis des souches fongiques testées :

(A) *Aspergillus niger* ; **(B)** *Trichoderma* sp. ; **(C)** *Rhizopus* sp.

4. Synthèse des résultats

Selon la classification de **Bouyahya et al. (2017) [49]**, l'activité antimicrobienne des huiles essentielles est évaluée en fonction du diamètre des zones d'inhibition : une zone d'inhibition inférieure à **12mm** correspond à une **faible** activité, un diamètre compris entre **12 et 20 mm** indique une activité **moyenne**, tandis qu'un diamètre supérieur à **20 mm** traduit une **forte** activité antimicrobienne.

D'après cette classification, les huiles essentielles étudiées ont présenté des activités variables selon les souches testées. L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* s'est distinguée par une forte activité antibactérienne, notamment contre *Staphylococcus aureus*. L'huile essentielle de *Laurus nobilis* a montré la meilleure activité antifongique, particulièrement vis-à-vis de *Aspergillus niger* et *Trichoderma* sp., quant à l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*, elle a présenté une activité variable allant d'une faible à une forte activité selon la sensibilité des microorganismes étudiés.

Conclusion et Perspectives

Au terme de cette étude, les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis* et *Juniperus phoenicea* ont démontré des activités antibactériennes et antifongiques variables vis-à-vis des microorganismes testés. Les résultats obtenus ont mis en évidence une sensibilité différente des souches bactériennes et fongiques selon la nature de l'huile essentielle utilisée.

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* s'est distinguée par une activité antibactérienne importante, notamment contre *Staphylococcus aureus*, tandis que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* a présenté les meilleurs effets antifongiques vis-à-vis des moisissures étudiées. L'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* a également montré une activité antimicrobienne intéressante, bien que variable selon les souches testées.

Ces résultats confirment le potentiel des huiles essentielles comme source naturelle de composés bioactifs capables d'inhiber la croissance des microorganismes. Leur efficacité est principalement liée à leur richesse en métabolites secondaires, notamment les terpènes et les composés phénoliques reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes.

Ainsi, les huiles essentielles étudiées pourraient constituer une alternative prometteuse aux agents antimicrobiens conventionnels dans différents domaines, notamment alimentaire, pharmaceutique et médical. Toutefois, des études complémentaires portant sur l'identification des composés actifs, la détermination des concentrations minimales inhibitrices et l'évaluation de leur efficacité in vivo demeurent nécessaires afin de mieux valoriser leur potentiel et d'envisager leur utilisation à plus grande échelle.

En perspective, nos futures recherches seront basées sur :

- L'identification des composés bioactifs responsables de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées.
- L'évaluation de l'activité antimicrobienne sur un plus grand nombre de souches bactériennes et fongiques.
- L'exploration des applications potentielles de ces huiles essentielles dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et médical.

Références bibliographiques

- [1] Antony, C., & Narayanaswamy, K. (2026). *Food preservatives: natural or synthetic?* *Archives of Microbiology*, 208(3), 134.
- [2] Rahman, M. S., & Perera, C. O. (2007). Drying and food preservation. In *Handbook of food preservation* (pp. 421-450). CRC press.
- [3] Shahidi, F. (2015). *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. Woodhead Publishing.
- [4] Davidson, P. M., & Taylor, T. M. (2007). Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. ASM Press.
- [5] Cedillo Olivos, A. E., Juárez Chairez, M. F., Cid Gallegos, M. S., Sánchez Chino, X., & Jiménez Martínez, C. (2025). Natural preservatives used in foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- [6] Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., & Ksouri, R. (2020). Essential oils: A promising eco friendly food preservative. *Food Chemistry*.
- [7] Bibow, A., & Oleszek, W. (2024). Essential oils as potential natural antioxidants, antimicrobial, and antifungal agents in active food packaging. *Antibiotics*, 13(12), 1168.
- [8] Husain, S. A., Farheen, S. R., & Husain, M. (2022). Medicinal plant compounds as natural food preservatives: a review. *Journal of Postharvest Technology*, 10(4), 213-219.
- [9] Dong, H., Xu, Y., Zhang, Q., Li, H., & Chen, L. (2024). Activity and safety evaluation of natural preservatives. *Food Research International*, 190, 114548.
- [10] Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Koudoro, Y. A., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., Sohounhloue, C. K. D., & Simal-Gandara, J. (2023). Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. *Food Chemistry Advances*, 2, 100312.
- [11] Neffati, M., Sghaier, M. (2014). Développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones désertiques de la région Mena (Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc et Tunisie). Thèse de Doctorat.
- [12] Asma, B. O. U. M. E. L. I. T. (2023). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles du girofle (*Syzygium aromaticum*) et du romarin (*Rosmarinus officinalis*) (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).
- [13] Bettaibi Mahdjouba, B. S. (2019). Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles des lamiacées *Rosmarinus officinalis* et *Mentha pulegium* sur *Pseudomonas aeruginosa* responsable des infections nosocomiales.

- [14] BAHAZ, I. (2018). Etude de l'activité antibactérienne de l'huile Essentielle de Rosmarinus officinalis. L.
- [15] LAHCINI, B., & FROUHAT, Z. (2013). Lutte biologique par l'huile essentielle de Rosmarinus officinalis (Doctoral dissertation).
- [16] Alhassane Ilatou Ismaghil, G. B. (2021). Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle du Juniperus phoenicea.. L.
- [17] Azzouz, A. A., Derradji, K., & Khalfi, S. (2024). Etude des activités biologiques de juniperus phoenicea L (Doctoral dissertation).
- [18] KEZZOUNA, R. Etude de l'activités antibactérienne des huiles essentielles de Juniperus phoenicea. L (Master's thesis).
- [19] TEMAMRI, R., & ZADEK, N. (2023). Etude de l'effet des extraits de feuilles de Laurier (Laurus Nobilis) sur la qualité microbiologique de viande hachée.
- [20] Boutemine, S. A., & Sebti, M. E. (2023). *Extraction des huiles volatiles à partir de trois plantes aromatiques en vue d'une valorisation phytopharmaceutique* (Doctoral dissertation, Univer-jijel).
- [21] Amir, K. H. E. L. I. F. A., & Ali, B. E. N. D. J. E. D. D. O. U. (2023). *Étude des caractéristiques microbiologiques du lait bovin réfrigéré et supplémenté en huile essentielle de Laurus nobilis L* (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).
- [22] Dalal, B. O. U. K. R. O. U. S. S. E., & Derghal, M. (2024). *Étude in vivo, de l'effet thérapeutique de Laurus nobilis L* (Doctoral dissertation, university centre of abdelhafid boussouf-mila-).
- [23] . Jassim, Y. A., Chabuk, H. A. H., & Al-Yassiry, Z. A. (2023). Soil microorganisms: characteristics, importance and their functional role. J. Biol. Nat, 15, 14-19.
- [24] . Allocati, N., Masulli, M., Alexeyev, M. F., & Di Ilio, C. (2013). Escherichia coli in Europe: an overview. International journal of environmental research and public health, 10(12), 6235-6254.
- [25] . Guerra, M. E. S., Destro, G., Vieira, B., Lima, A. S., Ferraz, L. F. C., Hakansson, A. P., ... & Converso, T. R. (2022). Klebsiella pneumoniae biofilms and their role in disease pathogenesis. Frontiers in cellular and infection microbiology, 12, 877995.
- [26] . Howden, B. P., Giulieri, S. G., Wong Fok Lung, T., Baines, S. L., Sharkey, L. K., Lee, J. Y., ... & Stinear, T. P. (2023). Staphylococcus aureus host interactions and adaptation. Nature Reviews Microbiology, 21(6), 380-395.

- [27] .Klich, M. A. (2009). Health effects of *Aspergillus* in food and air. *Toxicology and Industrial Health*, 25(9-10), 657-667.
- [28] . Schuster, E., Dunn-Coleman, N., Frisvad, J. C., & Van Dijck, P. W. (2002). On the safety of *Aspergillus niger*—a review. *Applied microbiology and biotechnology*, 59(4), 426-435.
- [29] . Woo, S. L., Hermosa, R., Lorito, M., & Monte, E. (2023). *Trichoderma*: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. *Nature Reviews Microbiology*, 21(5), 312-326.
- [30] . Martin-Miguel, J. M., Bross, J., Prado, D., Merino, E., More, R. P., Otero, J., ... & Delgado, J. (2025). *Rhizopus* sp. beyond tempeh. An occidental approach to mold-based fermentations. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 39, 101090.
- [31] . Mollova, S., Stanev, S., Dincheva, I., Taneva, I., Mazova, N., Koleva, Y., & Stoyanova, A. (2025). Characteristics of rosemary essential oil obtained by hydrodistillation and steam distillation. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 26(2), 167-176.
- [32] . Tripathi, K., Srivastava, Y., & Kumar, N. (2025). *Biotechnology Lab Techniques: Culture Media, Microscopy, and Microbial Analysis*. Deep Science Publishing.
- [33] . Hombach, M., Maurer, F. P., Pfiffner, T., Böttger, E. C., & Furrer, R. (2015). Standardization of operator-dependent variables affecting precision and accuracy of the disk diffusion method for antibiotic susceptibility testing. *Journal of Clinical Microbiology*, 53(12), 3864–3869.
- [34] . Hossain, T. J. (2024). Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: A review of protocols, advantages, and limitations. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 14(2), 97-115.
- [35] Soliman, M. M., Elsaba, Y. M., Soliman, M. S. A., & Ahmed, E. Z. (2024). Composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. and *Artemisia monosperma* L. leaf essential oils and methanolic extracts from plants grown in normal and saline habitats in Egypt. *Scientific Reports*, 14(1), 7342.
- [36] Rathore, S., Mukhia, S., Kapoor, S., Bhatt, V., Kumar, R., & Kumar, R. (2022). Seasonal variability in essential oil composition and biological activity of *Rosmarinus officinalis* L. accessions in the western Himalaya. *Scientific Reports*, 12(1), 3305.
- [37] Hendel, N., Sarri, D., Sarri, M., Napoli, E., Palumbo Piccionello, A., & Ruberto, G. (2024). Phytochemical Analysis and Antioxidant and Antifungal Activities of Powders, Methanol Extracts, and Essential Oils from *Rosmarinus officinalis* L. and *Thymus ciliatus* Desf. Benth. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(14), 7989.

- [38] Rafya, M., Zehhar, G., Aboudia, A., Zehhar, N., Douira, A., Hafidi, A., & Benkhalti, F. (2025). Effect of by-products from hydrodistillation of *Rosmarinus officinalis* L. on some plant pathogenic fungi. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 58(4), 182-201.
- [39] Paolino, B., Sorrentino, M. C., Pacifico, S., Garrigos, M. C., Riccardi, M. G., Paradiso, R., ... & Borriello, G. (2025). A preliminary study on the efficacy of essential oils against *Trichoderma longibrachiatum* Isolated from an archival document in Italy. *Heritage*, 8(6), 187.
- [40] Spengler, G., Gajdács, M., Donadu, M. G., Usai, M., Marchetti, M., Ferrari, M., ... & Kovács, R. (2022). Evaluation of the antimicrobial and antivirulent potential of essential oils isolated from *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *macrocarpa* aerial parts. *Microorganisms*, 10(4), 758.
- [41] Lafraxo, S., El Barnossi, A., El Moussaoui, A., Bourhia, M., Salamatullah, A. M., Alzahrani, A., ... & Bari, A. (2022). Essential oils from leaves of *Juniperus thurifera* L., exhibiting antioxidant, antifungal and antibacterial activities against antibiotic-resistant microbes. *horticulturae*, 8(4), 321.
- [42] Akarca, G., Şevik, R., Kiliç, M., Denizkara, A. J., & Aşçioğlu, Ç. (2023). Chemical composition and biological activity of juniper (*Juniperus sabina* L.) essential oil growing in the aegean region of Türkiye. *Journal of Food Safety and Food Quality-Archiv für Lebensmittelhygiene*, 74(6), 165-170.
- [43] Ateş, G. Ö. (2026). Evaluation of the In Vitro Antifungal Activity of Commercially Available Plant Extracts, Fixed and Essential Oils Against *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Trichoderma* Species. *Mantar Dergisi*, 17(1), 43-52.4.
- [44] Sancer, O., Şahin, U., Çetin, E. S., Tepebaşı, M. Y., Cezaroğlu, Y., Bilir, G., ... & Koca, A. (2024). Effect of *Laurus nobilis* on bacteria and human transforming growth factor- β 1. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 70, e20230683.
- [45] Tahiri, N. E. H., Soulo, N., El Ghouizi, A., Saghrouchni, H., El Khomsi, M., Ousaaïd, D., ... & Lrhorfi, L. A. (2024). Volatile profile, in silico toxicity prediction, and antioxidant and antimicrobial activities of *Laurus nobilis* L. essential oil from distinct geographical locations. *Chemical Review and Letters*, 7(5), 884-894.
- [46] Campolina, G. A., Cardoso, M. D. G., Freire, C. S., Caetano, A. R. S., Campos, A. B. D. S., Ferreira, V. R. F., ... & Batista, L. R. (2024). Essential oils from *Cuminum cyminum* and *Laurus nobilis* and their principal constituents: evaluation of antifungal and antimycotoxigenic potential in *Aspergillus* species. *FEMS Microbiology Letters*, 371, fnae081.
- [47] Uzsáková, V., Tančinová, D., Hlebová, M., Barboráková, Z., & Hleba, L. (2022). Antifungal activity of selected essential oils against *Rhizopus stolonifer*. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 12(2), e9396-e9396.

- [48] Mssillou, I., Agour, A., El Ghouizi, A., Hamamouch, N., Lyoussi, B., & Derwich, E. (2020). Chemical composition, antioxidant activity, and antifungal effects of essential oil from *Laurus nobilis* L. flowers growing in Morocco. *Journal of Food Quality*, 2020(1), 8819311.
- [49] Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., ... & Dakka, N. (2017). Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 1-11.

Les sites web

- [1] <https://www.sciencesource.com/1953357-phoenician-juniper-stock-image-rights-managed.html>.
- [2] <https://www.sciencesource.com/2346323-bay-laurel-tree-laurus-nobilis-leaves-and-fruit.html>.
- [3] <https://microbiologyinpictures.com/antibiotic-susceptibility-testing/disk-diffusion-test/escherichia-coli/e-coli-morphology.html>
- [4] <https://www.cdc.gov/klebsiella/about/index.html>
- [5] <https://www.cdc.gov/staphylococcus-aureus/about/index.html>
- [6] http://unt-.ori2.crihan.fr/unspf/2010_Paris_Simon_Mycologie_Medicale/co/071_Aspergillus.html
- [7] https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/images/moisissures/Aspergillus_niger_1.jpg
- [8] <https://mycology.adelaide.edu.au/fungal-descriptions-and-antifungal-susceptibility/hyphomycetes-conidial-moulds/trichoderma>
- [9] <https://www.idimages.org/m/atlas/organism/?atlasentryID=43&organism=Rhizopus>

Annexe

- ❖ Agitateur
- ❖ Balance analytique
- ❖ Bec Bunsen
- ❖ Boîtes de Pétri
- ❖ Clevenger
- ❖ Coton hydrophile
- ❖ Disques stériles
- ❖ Eau distillée
- ❖ Eau physiologique
- ❖ Écouvillon stérile
- ❖ Erlenmeyer
- ❖ Étuve
- ❖ Huile essentielle de *Juniperus phoenicea*
- ❖ Huile essentielle de *Laurus nobilis*
- ❖ Huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*
- ❖ Incubateur
- ❖ Micropipettes
- ❖ Milieu Mueller-Hinton (MH)
- ❖ Milieu Potato Dextrose Agar (PDA)
- ❖ Papier filtre
- ❖ Parafilm
- ❖ Réfrigérateur
- ❖ Règle graduée
- ❖ Spatule
- ❖ Tubes à essai
- ❖ Vortex