

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie fondamentale

Par

BOUKRIDECH Fethi

&

AMMOUR Farah Tata

Thème

Effet antibactérien et insecticide de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata*

Soutenu publiquement le : 14/06/2026

Devant le jury composé de :

Président	ARABI Abed	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice	BEKENNICHE Nahla	MCA	
Encadreur	BAHRI Fouad	Professeur	

Thème réalisé au laboratoire du « Microbiologie et Biologie Végétale »

Année universitaire : 2025 / 2026



Remerciements

Avant tout, nous adressons nos sincères remerciements à Dieu, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la force, le courage ainsi que les moyens nécessaires pour mener à bien ce travail.

*Nous tenons tout d'abord à adresser notre profonde gratitude au directeur de ce mémoire, **Monsieur BAHRI F.**, professeur à l'Université de Mostaganem, pour sa patience, sa disponibilité, ses précieux conseils et sa supervision éclairée.*

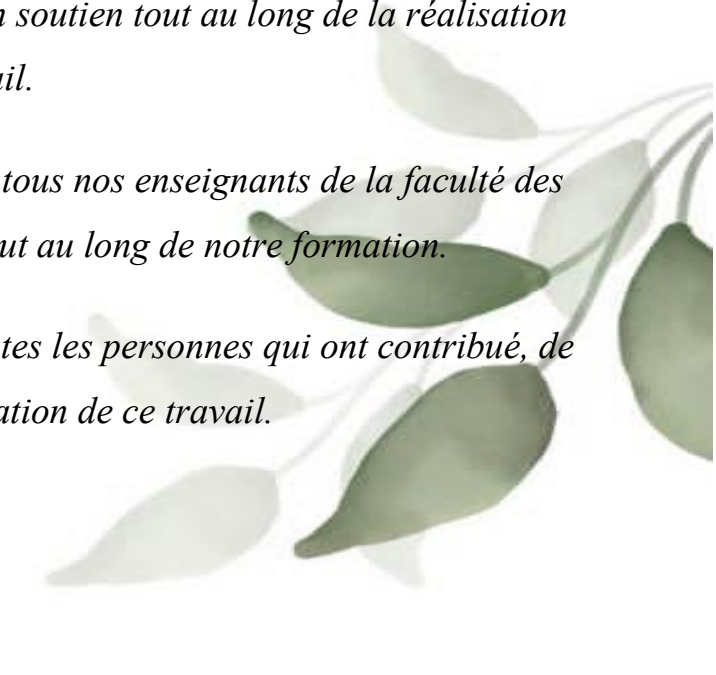
*Nous adressons également nos sincères remerciements à **Monsieur ARABI Abed**, président du jury, ainsi qu'à **Madame BEKENNICHE Nehla**, examinatrice, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner ce modeste travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel du laboratoire de microbiologie et de biologie végétale, en particulier à **Mme TAHLIATI Amina**, pour leur précieuse aide, leur disponibilité et les moyens mis à notre disposition.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à **Monsieur ARABI Abed** pour son aide précieuse, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce travail.*

Nous adressons nos sincères remerciements à tous nos enseignants de la faculté des S.N.V pour leur soutien et leur suivi tout au long de notre formation.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.





Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*À mes chers parents,
aucun mot ne saurait exprimer ma profonde gratitude et mon
immense amour pour vous. Merci pour votre soutien inconditionnel,
vos sacrifices et vos encouragements constants qui ont éclairé mon
chemin.*

*À mes chères sœurs : Soumia, Kenza, Henene et Senia,
avec tous mes vœux de bonheur, de prospérité et de réussite.*

*À mon beau-frère Mahmoud,
avec mes sincères remerciements pour votre considération et vos
encouragements.*

*Sans oublier mes petites princesses adorées Zaza et Rahil,
pour leur joie et leur douceur.*

*À mon amie Nawel,
avec toute mon affection.*

*À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la
réalisation de ce travail*



Farah tata



إهداء

الحمد لله الذي لا ينسى من ذكره و لا يخيب من شكره, الحمد لله الذي قصر
لي الطريق و سهل لي المسير و أصدقني موعوده بعد جهد جهيد .
إهدائي لكل حبيب صديق و قريب و اخص بالذكر عائلتي الصغيرة و الكبيرة
لعونهم لي و صبرهم علي و لكل من كان له فضل في مساري الجامعي من
أساتذة فضلاء و زملاء و زميلات .

لكم جميعا شكرا



فتحي

Résumé

Ce travail s'est principalement intéressé à une espèce végétale largement répandue dans différentes régions d'Algérie, à savoir *Tetraclinis articulata*, récoltée dans la wilaya de Mostaganem, plus précisément dans la forêt de Chegga, située dans la commune d'Aïn El Nouissy. Les huiles essentielles extraites des feuilles fraîches, des feuilles sèches, des tiges fraîches et des tiges sèches ont présenté respectivement des rendements de 0,095 %, 0,29 %, 0,041 % et 0,096 %. L'analyse phytochimique a révélé la présence de plusieurs composés bioactifs, notamment les phénols et les tanins.

Une étude de l'activité antibactérienne par aromatogramme a révélé un bon effet inhibiteur des huiles essentielles sur certaines souches bactériennes pathogènes et résistantes aux antibiotiques, notamment *Staphylococcus aureus* et le streptocoque β -hémolytique. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les huiles essentielles extraites des tiges fraîches.

La méthode de microdilution en milieu liquide a permis de déterminer des concentrations minimales inhibitrices (CMI) comprises entre 0,12 $\mu\text{L/mL}$ et 1 $\mu\text{L/mL}$, ainsi que des concentrations minimales bactéricides (CMB) de 1 $\mu\text{L/mL}$ pour toutes les espèces bactériennes testées.

L'étude de l'effet des huiles essentielles sur les insectes a montré une importante activité insecticide, avec un taux de mortalité atteignant 100%.

Mots-clés : *Tetraclinis articulata*, huiles essentielles, activité antibactérienne, activité insecticide.

Abstract

This study focused primarily on a plant species widely distributed in various regions of Algeria, namely *Tetraclinis articulata*. The essential oils of the arar tree were collected from the province of Mostaganem, specifically from the El Chegga forest located in the municipality of Aïn El Nouissy. The essential oils extracted from fresh leaves, dried leaves, fresh twigs, and dried twigs showed yields of 0.095%, 0.29%, 0.041%, and 0.096%, respectively. Phytochemical analysis revealed the presence of several bioactive compounds, particularly phenols and tannins.

A study of the antibacterial activity using the agar diffusion method revealed a significant inhibitory effect of the essential oils against certain pathogenic and antibiotic-resistant bacterial strains, particularly *Staphylococcus aureus* and beta-haemolytic *Streptococcus*. The best results were obtained with the essential oils extracted from fresh twigs.

The liquid microdilution method allowed the determination of minimum inhibitory concentrations (MICs) ranging from 0.12 $\mu\text{L/mL}$ to 1 $\mu\text{L/mL}$, as well as minimum bactericidal concentrations (MBCs) of 1 $\mu\text{L/mL}$ for all tested bacterial species.

The study of the effect of essential oils on insects showed significant insecticidal activity, with mortality rates reaching up to 100%.

Keywords: *Tetraclinis articulata*, essential oils, antibacterial activity, insecticidal activity.

ملخص

هذا العمل يركز أساساً على نوع نباتي واحد واسع الانتشار في مختلف مناطق الجزائر، وهو *Tetraclinis articulata*، حيث تم استخراج الزيوت العطرية للعراعر المتواجد بولاية Mostaganem، تحديداً بغابة الشقة التابعة لبلدية Aïn El Nouissy. وقد أعطت الزيوت العطرية المستخلصة من الأوراق الطازجة، والأوراق الجافة، والأغصان الطازجة، والأغصان الجافة مردوداً قدره على التوالي: 0,095 %، 0,29 %، 0,041 % و 0,096 %. كشف التحليل الكيميائي النباتي عن وجود العديد من المركبات الفعالة حيويًا، خاصة الفينولات والتانينات.

كما أظهرت دراسة النشاط المضاد للبكتيريا، باستعمال طريقة الأروماتوغرام، تأثيراً تثبيطياً جيداً للزيوت العطرية تجاه بعض السلالات البكتيرية الممرضة والمقاومة للمضادات الحيوية، خاصةً *Staphylococcus aureus* و *Streptococcus β-hémolytique* غير أنّ أفضل النتائج سُجّلت باستعمال الزيوت العطرية المستخلصة من الأغصان الطازجة.

وسمحت طريقة التخفيف في وسط سائل بتحديد التركيز الأدنى المثبط (CMI) بقيم تراوحت بين 0.12 ميكرو لتر/مل و 1 ميكرو لتر/مل، وكذلك التركيز الأدنى القاتل للبكتيريا (CMB) بتركيز 1 ميكرو لتر/مل لجميع الأنواع البكتيرية المختبرة.

أظهرت الدراسة تأثير الزيوت العطرية على الحشرات القرمزية نشاطاً واسع النطاق كمبيد للحشرات بمعدلات وفيات تصل إلى 100 %.

الكلمات المفتاحية: *Tetraclinis articulata*، الزيوت العطرية، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للحشرات.

Table des matières

Remerciements.....	
Résumé.....	
Abstract.....	
ملخص.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations et symboles.....	
Introduction.....	1

Partie I : Synthèse bibliographique

I. Lutte contre les micro-organismes pathogènes par les antibiotiques.....	5
I.1. Les antibiotiques	5
I.1.1. Historique	5
I.1.2. Définition	7
I.2. La résistance bactérienne aux antibiotiques.....	7
I.3. Les mécanismes de résistance bactérienne	8
I.3.1. Inactivation enzymatique.....	8
I.3.2. Modification de la cible	8
I.3.3. Efflux actif	8
I.3.4. Diminution de la perméabilité	8
I.4. Évolution des bactéries résistantes aux antibiotiques	9
I.5. Epidémiologie des résistances bactériennes	11
II. Lutte contre les pathogènes avec les plantes médicinales	14
II.1. Le potentiel antimicrobien des plantes médicinales	14
II.1.1. Terpènes :.....	15
II.1.2. Composés phénoliques.....	15
II.1.3. Alcaloïdes	15
II.2. Espèce végétale étudiée	16

II.2.1. La famille des Cupressacées (<i>Cupressaceae</i>) (Genre <i>Tetraclinis</i>)	16
II.2.2. l'espèce <i>Tetraclinis articulata</i>	17
II.3. Huile essentielle.....	21
II.3.1. Définition	21
II.3.2. Localisation et lieu de synthèse	21
II.3.3. Composition chimique	22
II.3.4. Toxicité	24

Partie II : Partie expérimentale

III. Matériel et méthodes	28
III.1. Matériel végétal.....	28
III.1.1. Récolte	28
III.1.2. Détermination du taux d'humidité.....	29
III.1.3. Screening phytochimique.....	30
III.2. Huiles essentielles	32
III.2.1. Extraction de l'huile essentielle de <i>Tetraclinis articulata</i>	32
III.2.2. Calcul du rendement	33
III.3. Procédés d'étude microbiologique	33
III.3.1. Souches microbiennes testées.....	33
III.3.2. Milieux de culture utilisés	34
III.3.3. Revivification et repiquage des souches bactériennes	34
III.3.4. Préparation des disques.....	34
III.3.5. Préparation de l'inoculum.....	35
III.3.6. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	35
III.4. Activité insecticide	37
III.4.1. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle par contact	37
III.4.2. Expression des résultats	38
III.5. Analyse statistique.....	38

III.6. Analyse rétrospective de la résistance bactérienne aux antibiotiques à l'EPH Mesra et à l'EPH Aïn Tedles (Mostaganem) de 2023 à 2025.....	38
III.6.1. Type d'étude	38
III.6.2. Lieu d'étude	39
III.6.3. Période d'étude	39
III.6.4. Population d'étude	39
III.6.5. Critères d'inclusion.....	39
III.6.6. Recueil des données :.....	40
III.6.7. Variables étudiées.....	40
IV. Résultats et Discussion	42
IV.1. Matériel végétal	42
IV.1.1. Taux d'humidité	42
IV.1.2. Screening phytochimique.....	43
IV.2. Huiles essentielles.....	44
IV.2.1. Rendement en huile essentielle	44
IV.3. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles.....	46
IV.3.1. Technique de l'aromatogramme (Méthode de Vincent)	46
IV.3.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrice (CMI), bactéricide (CMB).....	48
IV.4. Activité insecticide des huiles essentielles	52
IV.5. Analyse rétrospective de la résistance bactérienne aux antibiotiques à l'EPH Mesra et à l'EPH Aïn Tedles (Mostaganem) de 2023 à 2025.....	53
Conclusion	56
Références bibliographiques	59
Annexes	69

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Classification botanique de <i>Tetraclinis articulata</i>	18
Tableau n°2 : Coordonnées géographiques du site de récolte de l'espèce étudiée	28
Tableau n°3 : Tests de screening phytochimique et résultats attendus	31
Tableau n°4 : Profil de résistance aux antibiotiques des souches testées	33
Tableau n°5 : Répartition des prélèvements bactériologiques entre 2023 et 2025	39
Tableau n°6 : Taux d'humidité des différentes parties de <i>Tetraclinis articulata</i>	42
Tableau n°7 : Résultats du screening phytochimique de <i>Tetraclinis articulata</i>	43
Tableau n°8 : Rendement en huiles essentielles des différentes parties de <i>Tetraclinis articulata</i>	44
Tableau n°9 : Résultats de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>Tetraclinis articulata</i> et des témoins (positif et négatif) exprimés par le diamètre des zones d'inhibition (mm)	46
Tableau n°10 : Valeurs des paramètres antibactériens des huiles essentielles sur le streptocoque bêta-hémolytique, exprimées en µl/ml.	49
Tableau n°11 : Valeurs des paramètres antibactériens des huiles essentielles sur <i>Staphylococcus aureus</i> , exprimées en µl/ml.....	50
Tableau n°12 : Taux de mortalité de l'activité insecticide de <i>Tetraclinis articulata</i> sur les cochenilles	52
Tableau n°13 : Pourcentage des antibiotiques résistants.....	54

Liste des figures

Figure n°1 : Alexander Fleming, découvreur de la pénicilline en 1928.....	5
Figure n°2 : Ernst Chain.....	6
Figure n°3 Howard.Florey.....	6
Figure n°4 : Chronologie de découverte des antibiotiques.....	6
Figure n°5 : Principaux mécanismes bactériens de résistance aux antibiotiques.....	9
Figure n°6 : Évolution temporelle des résistances bactériennes chez les principaux pathogènes ESKAPE entre 2002 et 2024.....	10
Figure n°7 : Représentation des multirésistants de type PDR, XDR et MDR	11
Figure n°8 : Distribution et tendances temporelles des principales bactéries ESKAPE entre 2002 et 2024	12
Figure n°9 : Les différents organes de <i>Tetraclinis articulata</i> (aiguilles, cônes et écorce).....	19
Figure n°10 : Aire de répartition géographique de <i>Tetraclinis articulata</i> en Méditerranée sud-occidentale.....	19
Figure n°11 : Représentation des principales structures des monoterpénoïdes et des sesquiterpénoïdes	23
Figure n°12 : Exemples de composés aromatiques C6-C3 caractéristiques des huiles essentielles.....	23
Figure n°13 : Carte de situation géographique de la commune d'Aïn Nouïssy (wilaya de Mostaganem).....	28
Figure n°14 : Le thuya de Berbérie de la forêt de Chegga, à Aïn Nouïssy (Mostaganem).....	29
Figure n°15 : Vapo-distillateur de type SPRING A 105, d'une capacité de 12 litres, utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de <i>Tetraclinis articulata</i>	32
Figure n°16 : Histogramme représentant le taux d'humidité des différentes parties de <i>Tetraclinis articulata</i>	42

Figure n°17 : Répartition des rendements en huiles essentielles des différentes parties de <i>Tetraclinis articulata</i>	45
Figure n°18 : Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>T. articulata</i> sur les souches bactériennes testées par la méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé	48
Figure n°19 : Valeurs des paramètres antibactériens (CMI et CMB) du <i>Streptococcus</i> bêta-hémolytique vis -à-vis des huiles essentielles de <i>Tetraclinis articulata</i>	49
Figure n°20 : Évaluation des rapports CMB/CMI des différentes huiles essentielles de <i>Tetraclinis articulata</i> vis-à-vis de <i>Streptococcus</i> bêta-hémolytique.....	50
Figure n°21 : Valeurs des paramètres antibactériens (CMI et CMB) du <i>Staphylococcus aureus</i> vis-à-vis des huiles essentielles de <i>Tetraclinis articulata</i>	51
Figure n°22 : Évaluation des rapports CMB/CMI des différentes huiles essentielles de <i>Tetraclinis articulata</i> vis-à-vis de <i>Staphylococcus aureus</i>	51
Figure n°23 : Distribution des antibiotiques résistants durant les années 2023-2024-2025 à l'EPH d'Aïn Tedles.....	53
Figure n°24 : Distribution des antibiotiques résistants durant les années 2023-2024-2025 à l'EPH de Mesra.....	54
Figure n°25 : Répartition globale des antibiotiques résistants.....	55

Liste des abréviations et symboles

AFNOR : Association Française de Normalisation

CMB : Concentration Minimale Bactéricide

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

ECDC : European Centre for Disease Prevention and Control

HEs: Huiles essentielles

MDR : Multidrug-Resistant (Organismes multirésistants aux médicaments).

NCCLS : National Committee for Clinical Laboratory Standards

PDR : Pandrug-Resistant (Organismes panrésistants (résistants à tous les antibiotiques disponibles).

UFC : Unité Formant des Colonies

UV : Ultra Violet

WHO: World Health Organization

XDR : Extensively Drug-Resistant (Organismes ultrarésistants / à résistance étendue)

Introduction

La résistance aux antibiotiques constitue aujourd'hui l'un des principaux défis de santé publique à l'échelle mondiale. En effet, l'augmentation continue des bactéries multirésistantes réduit progressivement l'efficacité des traitements antimicrobiens disponibles, ce qui entraîne une aggravation des infections ainsi qu'une hausse des complications cliniques et des taux de mortalité associés (**WHO, 2025**). Cette problématique représente une menace mondiale majeure, avec environ 1,27 million de décès directs par an et près de 5 millions de décès associés dans le monde (**Adepoju et al., 2025**). Cette crise sanitaire est principalement liée à l'utilisation excessive et inappropriée des antibiotiques en médecine humaine, vétérinaire et dans le secteur agricole, favorisant ainsi la sélection et la dissémination de souches bactériennes résistantes (**Sharma et al., 2026**). Par conséquent, ce phénomène met en évidence l'urgence de rechercher des alternatives thérapeutiques efficaces et sûres, dans un contexte où le développement de nouvelles classes d'antibiotiques connaît un ralentissement significatif (**Blaskovich et Cooper, 2025**).

Dans ce contexte, les plantes médicinales constituent une source naturelle largement utilisée depuis des siècles dans le traitement de nombreuses affections. Elles représentent un réservoir riche en composés bioactifs, tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes et les terpènes (**Sofowora et al., 2013 ; Bahri et al., 2025**). Des études récentes ont mis en évidence leurs diverses propriétés thérapeutiques, notamment leurs activités antibactériennes, antifongiques, antioxydantes et anti-inflammatoires (**Bahri et al., 2025**). Par ailleurs, l'intérêt croissant pour les produits naturels s'explique par leur efficacité, leur accessibilité ainsi que leurs effets secondaires généralement réduits par rapport aux composés de synthèse (**Baptista-Silva et al., 2020**).

Parmi les ressources naturelles les plus étudiées, les huiles essentielles occupent une place importante en raison de leurs nombreuses propriétés biologiques. Ce sont des mélanges complexes de composés volatils, notamment des terpènes et des composés phénoliques, auxquels sont attribuées diverses activités antibactériennes, antifongiques et antioxydantes (**Bahri et al., 2016 ; Belaqziz et al., 2013**). Leur mode d'action repose notamment sur la perturbation de la membrane cellulaire des micro-organismes et l'altération de sa perméabilité, entraînant la fuite des constituants cellulaires essentiels (**Kalemba et Kunicka, 2003**). De plus, certaines études ont montré que les huiles

essentielles peuvent agir comme des adjuvants en modulant la résistance bactérienne aux antibiotiques (**Torres-Martínez *et al.*, 2025**).

Dans cette perspective, *Tetraclinis articulata* constitue une espèce végétale d'intérêt largement répandue en Afrique du Nord, notamment en Algérie, ainsi qu'à Malte et en Espagne, et reconnue pour ses usages traditionnels en médecine populaire. Des travaux ont montré que cette espèce est riche en huiles essentielles contenant des composés bioactifs, tels que l' α -pinène, le camphre et l'acétate de bornyle, responsables de ses propriétés antibactériennes, antioxydantes et anti-inflammatoires (**Bahri *et al.*, 2016**).

Malgré ces avancées, les données scientifiques relatives à l'activité antibactérienne et à l'effet insecticide des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* demeurent encore limitées, notamment en ce qui concerne leur efficacité vis-à-vis de certaines souches bactériennes et insectes. Cela justifie la réalisation d'études approfondies visant à mieux comprendre et valoriser le potentiel de cette espèce en tant qu'alternative naturelle.

Le présent travail s'inscrit dans cette perspective et a pour objectif d'évaluer les propriétés biologiques des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata*, en particulier leur activité antibactérienne et leur effet insecticide.

Ce mémoire est structuré en deux parties. La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique portant sur la lutte contre les micro-organismes pathogènes par les antibiotiques ainsi que sur les alternatives naturelles, notamment les plantes médicinales et les huiles essentielles. La deuxième partie, de nature expérimentale, présente le matériel et les méthodes utilisés, suivis des résultats obtenus et de leur discussion.

Partie I :

Synthèse

bibliographique

Lutte contre les micro-organismes pathogènes par les antibiotiques



I. Lutte contre les micro-organismes pathogènes par les antibiotiques

La lutte contre les infections constitue un enjeu majeur de santé publique, notamment en raison de l'émergence croissante de la résistance aux antimicrobiens, désormais considérée parmi les principales menaces mondiales pour la santé et le développement (WHO, 2023).

I.1. Les antibiotiques

I.1.1. Historique

Avant la découverte des antibiotiques, les maladies infectieuses représentaient une cause importante de morbidité et de mortalité dans le monde, en raison de l'absence de traitements efficaces. Cependant, la découverte de la pénicilline en 1928 par Alexander Fleming a marqué un tournant décisif, initiant la révolution antibiotique (Adedeji, 2016). Comme illustré dans la (figure n°1).

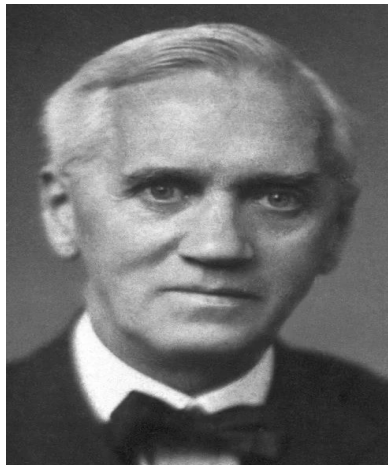


Figure n°1 : Alexander Fleming, découvreur de la pénicilline en 1928

(Source : Nobel Prize, 2026)

Par la suite, Ernst Chain et Howard Florey ont réussi à purifier la pénicilline G en 1942, permettant sa large utilisation à partir de 1945 (Tan et Tatsumura, 2015). Les (figures n°2 et n°3) présentent respectivement Ernst Chain et Howard Florey.



Figure n°2 : Ernst Chain

(Source : Nobel Prize, 2026)



Figure n°3 : Howard Florey

(Source: Nobel Prize, 2026)

Cette avancée a inauguré l'ère des antibiotiques, caractérisée par la découverte de nombreuses molécules, notamment entre les années 1950 et 1970, considérées comme l'âge d'or des antibiotiques. Depuis, aucune nouvelle classe majeure n'a été découverte, et la recherche s'est orientée vers la modification des antibiotiques existants (**Hutchings et al., 2019**). Comme illustré dans la (**figure n° 04**), l'évolution des antibiotiques s'étend sur plusieurs décennies, marquée par l'apparition successive de différentes classes.

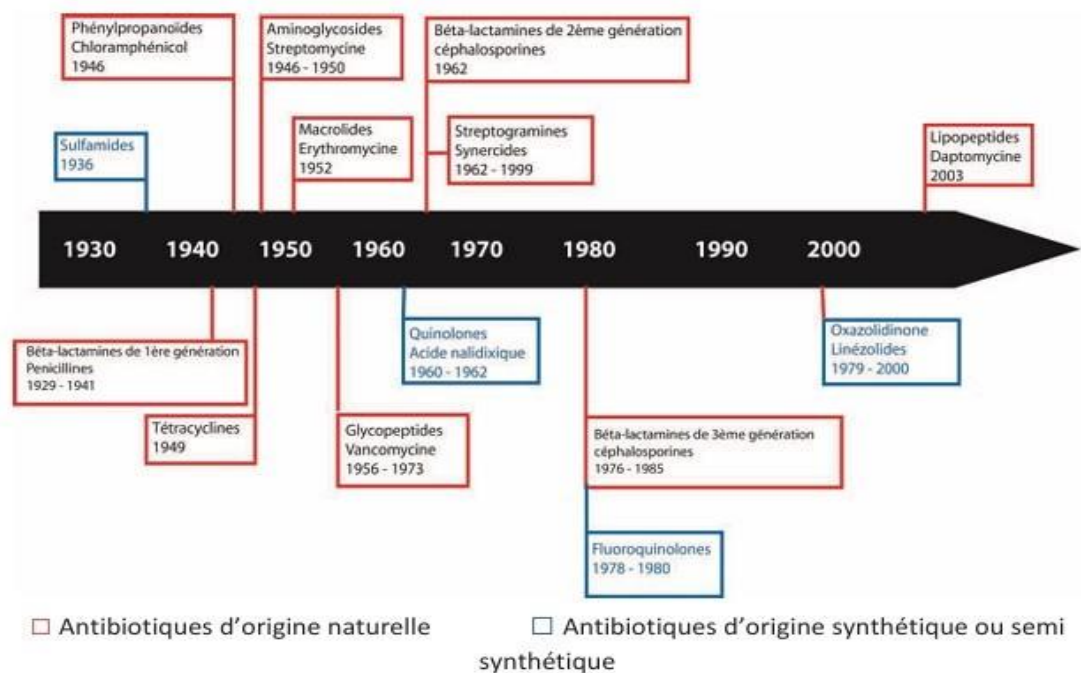


Figure n°4 : Chronologie de découverte des antibiotiques (Singh et Barrett, 2006)

I.1.2. Définition :

Les antibiotiques sont des substances chimiques d'origine naturelle, principalement produites par des bactéries du sol ainsi que par certains champignons. Leur activité biologique s'exerce à de très faibles concentrations et se caractérise par une action spécifique consistant à inhiber des processus vitaux chez d'autres micro-organismes **(Nauciel et Vildé, 2005)**.

Le terme « antibiotique » englobe des composés semi-synthétiques et synthétiques. Ils constituent également un groupe hétérogène de composés caractérisés par des structures et des mécanismes d'action variés. Sur le plan fonctionnel ils sont généralement classés en deux catégories : (les antibiotiques bactériostatiques) qui inhibent la croissance et la multiplication des micro-organismes, et (les antibiotiques bactéricides) qui entraînent la destruction des cellules bactériennes **(Zinovkin et Kondratenko, 2025)**.

Les antibiotiques agissent selon divers mécanismes d'action en ciblant des processus essentiels chez les bactéries. Ils peuvent notamment inhiber la synthèse de la paroi cellulaire, en particulier du peptidoglycane (β -lactamines, glycopeptides, fosfomycine), altérer la membrane cellulaire (polymyxines), bloquer la synthèse protéique (macrolides, aminosides, phénicolés, tétracyclines), interférer avec la synthèse des acides nucléiques (quinolones, rifamycines, nitroimidazolés) ou encore perturber le métabolisme intermédiaire (sulfamides, triméthoprim) **(Demoré *et al.*, 2012)**.

I.2. La résistance bactérienne aux antibiotiques :

La résistance aux antibiotiques peut être soit naturelle, soit acquise. La résistance naturelle correspond à une insensibilité innée aux antibiotiques, présente de manière constante chez tous les membres d'un genre ou d'une espèce bactérienne. Elle fait donc partie intégrante du patrimoine génétique normal du micro-organisme **(Yala *et al.*, 2001)**. En revanche, la résistance acquise résulte de modifications génétiques, telles que des mutations ou l'acquisition de gènes de résistance, permettant à certaines bactéries initialement sensibles de devenir résistantes **(Munita et Arias, 2016)**.

Au cours des dernières décennies, l'augmentation considérable de l'utilisation des antibiotiques a largement contribué à l'émergence et à la propagation de la résistance bactérienne. En effet, la consommation mondiale d'antibiotiques a fortement augmenté entre 2000 et 2010, ce qui constitue un facteur majeur favorisant le développement de l'antibiorésistance (**Van Boeckel *et al.*, 2014**). Cette hausse s'explique en grande partie par leur utilisation excessive et inappropriée, tant en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire. L'usage abusif et le mésusage des antibiotiques exercent une pression de sélection importante sur les bactéries, favorisant ainsi l'apparition et la diffusion de souches résistantes (**Salam *et al.*, 2023**).

I.3. Les mécanismes de résistance bactérienne

Les bactéries ont développé divers mécanismes de résistance aux antibiotiques leur permettant de survivre en présence d'agents antimicrobiens (**Tenover, 2006**) :

I.3.1. Inactivation enzymatique :

L'inactivation enzymatique repose sur la production d'enzymes capables de dégrader les antibiotiques, comme les β -lactamases chez *Escherichia coli*.

I.3.2. Modification de la cible :

La modification de la cible correspond à une altération du site d'action de l'antibiotique, comme chez *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline.

I.3.3. Efflux actif :

Les systèmes d'efflux permettent aux bactéries d'expulser les antibiotiques hors de la cellule, comme observé chez *Pseudomonas aeruginosa*.

I.3.4. Diminution de la perméabilité :

La diminution de la perméabilité limite l'entrée des antibiotiques, notamment par altération des porines chez certaines bactéries.

D'autres mécanismes, tels que les mutations chromosomiques et le transfert horizontal de gènes de résistance via les plasmides, peuvent également contribuer à l'antibiorésistance (**Doublet *et al.*, 2012**). Comme illustré dans la (**figure n°5**).

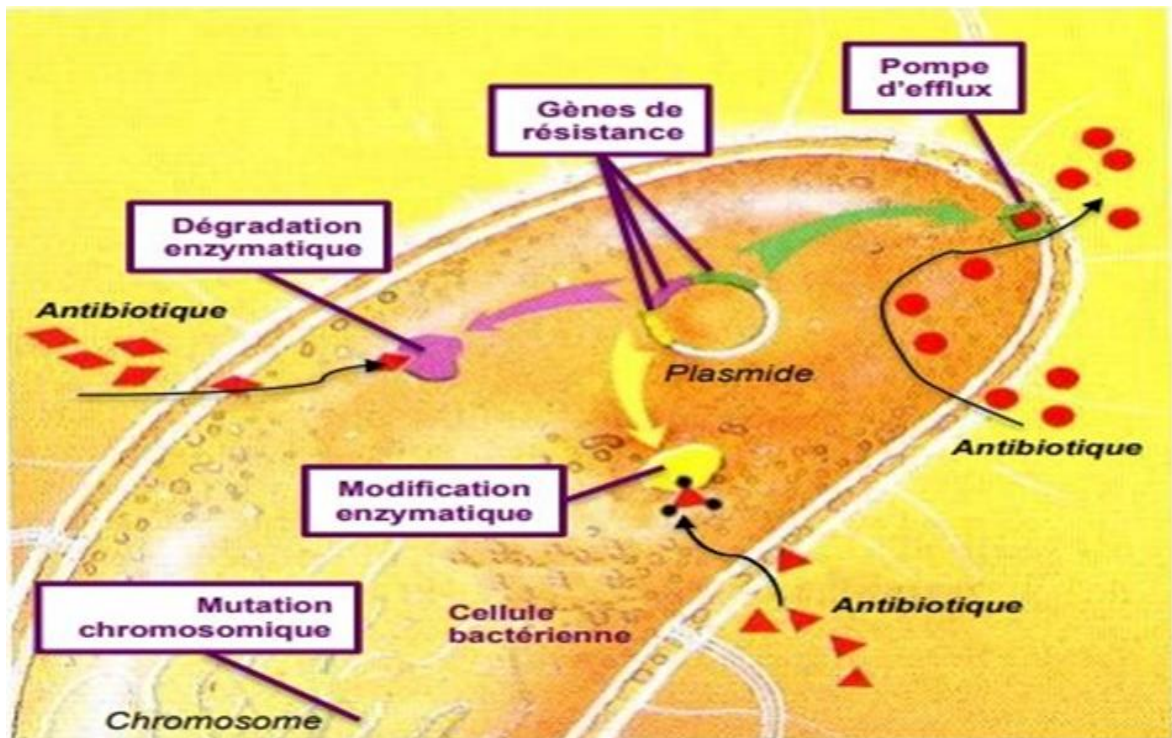


Figure n°5 : Principaux mécanismes bactériens de résistance aux antibiotiques (Doublet *et al.*, 2012)

I.4. Évolution des bactéries résistantes aux antibiotiques

L'évolution des bactéries résistantes aux antibiotiques se traduit par une augmentation rapide et continue des souches résistantes à travers le monde. Depuis l'introduction des antibiotiques, de nombreuses bactéries pathogènes auparavant sensibles ont développé différents mécanismes de résistance, conduisant à l'émergence de souches multirésistantes (MDR) et hautement résistantes aux antimicrobiens. Cette évolution est principalement liée à la pression de sélection exercée par l'utilisation excessive et inappropriée des antibiotiques en médecine humaine, vétérinaire et dans le domaine agricole (Sharma *et al.*, 2026).

Par ailleurs, les bactéries peuvent acquérir leur résistance soit par mutations chromosomiques, soit par transfert horizontal de gènes via les plasmides, transposons et intégrons. Actuellement, le transfert horizontal constitue l'un des principaux mécanismes responsables de la dissémination rapide des résistances bactériennes en milieu clinique et environnemental (Tang *et al.*, 2026).

Les données récentes de surveillance microbiologique montrent une augmentation progressive des profils de résistance chez plusieurs bactéries pathogènes au

cours des deux dernières décennies, illustrant ainsi l'évolution continue de l'antibiorésistance à l'échelle mondiale, comme le montre la (figure n°6) (Sajerli *et al.*, 2026).

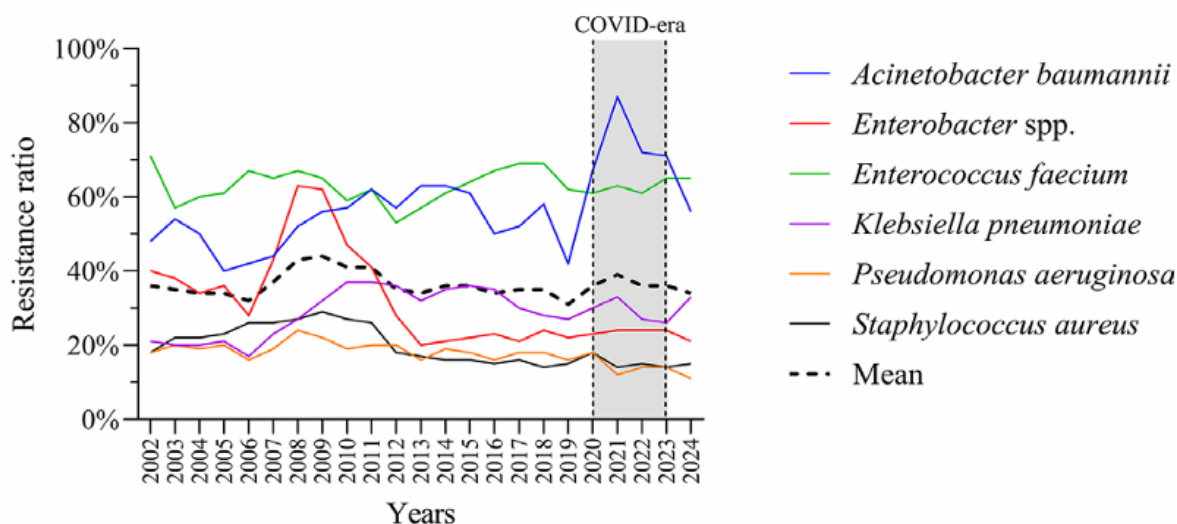


Figure n°6 : Évolution temporelle des résistances bactériennes chez les principaux pathogènes ESKAPE entre 2002 et 2024 (adapté de Sajerli *et al.*, 2026)

Cette figure met en évidence une augmentation importante des résistances bactériennes chez plusieurs pathogènes ESKAPE, notamment *Acinetobacter baumannii* et *Enterococcus faecium*, qui présentent les niveaux de résistance les plus élevés durant la période étudiée. Une augmentation notable des résistances a également été observée durant la période de la COVID-19 (Sajerli *et al.*, 2026).

Les bactéries multirésistantes (MDR) sont définies comme résistantes à au moins trois classes différentes d'antibiotiques. Les bactéries extensivement résistantes (XDR) présentent une sensibilité limitée à une ou deux classes thérapeutiques seulement, tandis que les bactéries pan-résistantes (PDR) sont résistantes à l'ensemble des antibiotiques disponibles. Les bactéries PDR représentent ainsi le niveau le plus élevé d'antibiorésistance et remplissent également les critères des résistances de type XDR et MDR, comme illustré dans la (figure n°7) (Sharma *et al.*, 2026 ; Magiorakos *et al.*, 2011).

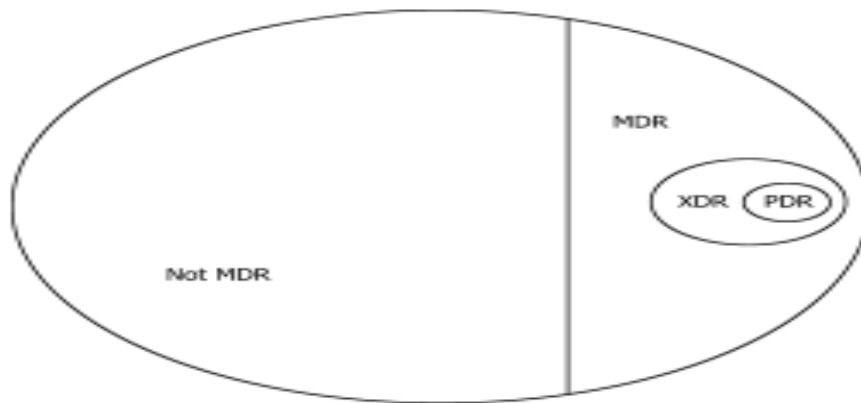


Figure n°7 : Représentation des multirésistants de type PDR, XDR et MDR (Magiorakos *et al.*, 2011)

I.5. Épidémiologie des résistances bactériennes

L'antibiorésistance constitue aujourd'hui un problème majeur de santé publique à l'échelle mondiale. La dissémination rapide des bactéries résistantes, aussi bien en milieu hospitalier qu'en communauté, représente une menace importante pour la prise en charge thérapeutique des infections bactériennes (Sharma *et al.*, 2026).

L'épidémiologie des résistances bactériennes est étroitement liée à plusieurs facteurs favorisant leur émergence et leur diffusion. Parmi ces facteurs, l'utilisation excessive et inappropriée des antibiotiques ainsi que le transfert horizontal des gènes de résistance jouent un rôle majeur dans la propagation des bactéries résistantes en milieu clinique et environnemental (Tang *et al.*, 2026).

Par ailleurs, les infections nosocomiales sont fréquemment associées à la présence de bactéries multirésistantes telles que *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa*, particulièrement dans les unités de soins intensifs où l'utilisation intensive des antibiotiques favorise la sélection des souches résistantes (Kerimoglu *et al.*, 2025).

Les données de surveillance épidémiologique montrent également une augmentation préoccupante des bactéries résistantes comme *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (MRSA), *Acinetobacter baumannii* et *Enterococcus faecium*, responsables de nombreuses infections nosocomiales difficiles à traiter (Sajerli *et al.*, 2026).

Les données de surveillance microbiologique montrent une augmentation progressive des infections associées aux principales bactéries résistantes en milieu hospitalier, comme l'illustre la (figure n°8) (Sajerli *et al.*, 2026).

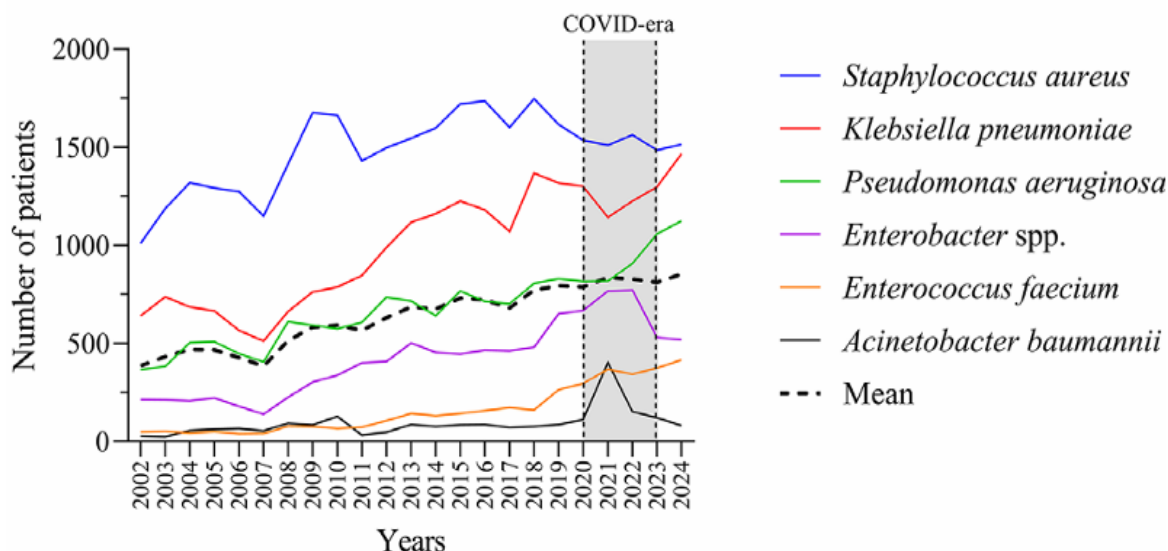


Figure n°8 : Distribution et tendances temporelles des principales bactéries ESKAPE entre 2002 et 2024 (adapté de Sajerli *et al.*, 2026)

Cette figure met en évidence une augmentation progressive des infections causées par plusieurs bactéries ESKAPE, notamment *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* au cours de la période étudiée (Sajerli *et al.*, 2026).

Enfin, la prévention de la résistance aux antibiotiques repose sur des stratégies complémentaires associant une utilisation rationnelle des antibiotiques et la limitation de la transmission croisée des bactéries résistantes. Ainsi, la mise en œuvre de programmes rigoureux intégrant ces deux approches constitue un élément essentiel pour contrôler la propagation de l'antibiorésistance, notamment en milieu hospitalier (Sussenbach *et al.*, 2025).

Lutte contre les pathogènes avec les plantes médicinales



II. Lutte contre les pathogènes avec les plantes médicinales

En effet, l'augmentation continue des bactéries résistantes aux antibiotiques à large spectre constitue aujourd'hui un défi majeur pour les systèmes de santé, limitant l'efficacité des traitements anti-infectieux classiques. Cette situation impose la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques capables de lutter efficacement contre les agents pathogènes résistants. Dans ce contexte, les plantes médicinales représentent une source importante de composés bioactifs, notamment les huiles essentielles, possédant des propriétés antimicrobiennes prometteuses. Plusieurs travaux récents ont mis en évidence leur intérêt thérapeutique dans la lutte contre diverses infections bactériennes (**Amraoui et al., 2022 ; Bahri et al., 2025**).

Depuis l'Antiquité, les plantes ont toujours occupé une place importante dans le traitement des maladies. En effet, diverses civilisations, telles que les civilisations chinoise, égyptienne et grecque, ont eu recours aux plantes médicinales pour leurs propriétés thérapeutiques variées (**Lahsissene et al., 2009**). Les médicaments d'origine végétale sont généralement considérés comme moins toxiques et mieux tolérés que les médicaments de synthèse (**Dibong et al., 2011**). Actuellement, l'intérêt pour la phytothérapie connaît un regain considérable, soutenu par les avancées scientifiques et les nouvelles méthodes analytiques qui permettent de valider les usages traditionnels des plantes médicinales (**Abdelli et al., 2019**).

II.1. Le potentiel antimicrobien des plantes médicinales

Les plantes font toujours partie de notre vie quotidienne ; elles sont utilisées aussi bien pour l'alimentation que pour les soins. Autrefois, les populations avaient recours aux plantes naturelles pour traiter les maladies et répondre à leurs besoins en matière de santé (**Romane et al., 2012**).

Actuellement, la recherche de nouvelles molécules s'oriente vers l'exploration de la biodiversité végétale, en s'appuyant notamment sur les connaissances ethnopharmacologiques. Les plantes représentent une source importante de composés bioactifs, car elles produisent des métabolites primaires essentiels à leur développement, ainsi qu'une grande diversité de métabolites secondaires. Ces derniers contribuent à une

richesse moléculaire considérable dont les fonctions ne sont pas encore entièrement élucidées (**Small et Catling, 2000**).

Par ailleurs, ces métabolites secondaires sont généralement à l'origine des propriétés biologiques des espèces végétales exploitées à travers le monde (**Dar et al., 2017**).

Ils sont principalement classés en trois grandes groupes : les composés phénoliques , les terpènes et les alcaloïdes (**González Mera et al., 2019**) :

II.1.1. Terpènes :

Les terpènes sont des composés organiques formés d'unités isopréniques, classés selon leur nombre (mono-, sesqui-, di-, tri- et tétraterpènes). Très répandus chez les végétaux, ils confèrent leurs arômes caractéristiques à de nombreuses plantes (citron, menthe, eucalyptus). Ils jouent un rôle clé dans le métabolisme végétal, assurant l'attraction des pollinisateurs et la défense contre les agents pathogènes.

II.1.2. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires possédant un groupe hydroxyle lié à un noyau aromatique. Regroupant les acides phénoliques, flavonoïdes, coumarines et tanins, ils sont synthétisés via les voies de l'acide shikimique et du malonate. Ils jouent un rôle clé dans la croissance et la défense végétale : leurs propriétés antioxydantes protègent les plantes contre les UV, les pathogènes et les herbivores, tout en participant à leur coloration et à leur arôme.

II.1.3. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des métabolites secondaires azotés, fréquents chez les plantes vasculaires, caractérisés par une forte activité biologique et une toxicité notable. Selon leur origine biosynthétique, ils se divisent en alcaloïdes vrais, protoalcaloïdes et pseudoalcaloïdes. Ils assurent un rôle majeur dans la défense végétale contre les insectes, herbivores et micro-organismes, et sont largement exploités dans le domaine pharmaceutique pour leurs propriétés physiologiques.

II.2. Espèce végétale étudiée

II.2.1. La famille des Cupressacées (*Cupressaceae*) (Genre *Tetraclinis*)

La famille des Cupressacées est considérée comme la troisième plus grande famille de gymnospermes et l'une des plus importantes parmi les conifères. Elle comprend entre 28 et 33 genres ainsi que 130 à 136 espèces d'arbres et d'arbustes persistants, pouvant être monoïques ou dioïques (**Tawfeek *et al.*, 2023**). Leur écorce présente une texture fibreuse et striée (elle est lisse ou exfoliante chez certaines espèces de *Cupressus* et *Juniperus*). Leurs feuilles, qui prennent habituellement la forme d'écailles, se placent en spirale ou par paires opposées ou en verticilles de trois à quatre. Leurs cônes sont boisés, robustes et parfois charnus, rappelant des baies portant de un à plusieurs ovules et atteignant leur maturité en 1 à 2 ans (**Spencer, 1995 ; Singh, 2006**).

Par ailleurs, cette famille est subdivisée en sept sous-familles principales (**Farjon, 2005 ; Singh, 2006**) :

- ***Cupressoideae*** : *Thuja*, *Thujopsis*, *Chamaecyparis*, *Fokienia*, *Calocedrus*, *Tetraclinis*, *Microbiota*, *Platycladus*, *Callitropsis*, *Cupressus*, *Juniperus*.
- ***Cunninghamioideae*** : *Cunninghamia*.
- ***Athrotaxidoideae*** : *Athrotaxis*.
- ***Taiwanoideae*** : *Taiwania*.
- ***Sequoioideae*** : *Sequoia*, *Sequoiadendron*, *Metasequoia*.
- ***Taxodioideae*** : *Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Cryptomeria*.
- ***Callitroideae*** : *Callitris*, *Actinostrobus*, *Neocallitropsis*, *Widdringtonia*, *Diselma*, *Fitzroya*, *Austrocedrus*, *Libocedrus*, *Pilgerodendron*, *Papuacedrus*.

Les Cupressacées présentent une distribution géographique très étendue à l'échelle mondiale. En effet, leur répartition actuelle est étroitement liée à l'histoire géologique de la Terre, notamment à la fragmentation de la Pangée, étant présentes sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique. Elles regroupent un nombre important de genres et d'espèces, témoignant de leur grande diversité. De plus, cette famille possède un registre fossile bien documenté qui remonte à l'ère Jurassique (**Mao *et al.*, 2012**).

Parmi les genres appartenant à cette famille, le genre *Tetraclinis* occupe une place particulière, notamment dans les régions méditerranéennes, en raison de son importance écologique et de ses usages traditionnels (Saber *et al.*, 2022).

II.2.2. l'espèce *Tetraclinis articulata*

Tetraclinis articulata (Vahl) Masters est une espèce appartenant à la famille des Cupressacées, largement répandue en Afrique du Nord, notamment au Maroc, en Algérie et en Tunisie, ainsi que dans certaines régions du sud-est de l'Espagne et à Malte (Boussaïd *et al.*, 2022).

Cette espèce est décrite comme un arbuste ou un petit arbre à feuillage persistant, caractérisé par des branches aplaties et articulées, ainsi que des feuilles disposées en paires opposées formant des verticilles apparents. Les cônes sont de forme tétragonale et présentent un aspect glauque (Boussaïd *et al.*, 2015). Par ailleurs, *Tetraclinis articulata* est largement utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses affections, notamment les infections respiratoires et intestinales, les troubles digestifs, l'hypertension et le diabète (Benoutman *et al.*, 2024).

Des études récentes ont également mis en évidence plusieurs activités biologiques de cette espèce, notamment des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et anti-inflammatoires (Bahri *et al.*, 2016).

II.2.2.1. Synonymes et nomenclatures

L'espèce *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters est connue sous plusieurs synonymes botaniques, notamment *Callitris quadrivalvis* Vent et *Callitris articulata* (Vahl) Link (Boussaïd *et al.*, 2015).

Par ailleurs, cette espèce représente l'unique membre du genre *Tetraclinis*, ce qui lui confère une importance taxonomique particulière (Khatib *et al.*, 2022).

En termes de nomenclature vernaculaire, *Tetraclinis articulata* est désignée par plusieurs noms communs selon les langues et les régions. En anglais, elle est connue sous le nom de « **Sandarac gum tree** », tandis qu'en français elle est appelée « **Thuya de Berbérie** ». Dans les langues arabe et berbère, elle est désignée par diverses appellations,

notamment « **Arar** », « **Ahrar** », « **Berbouch** », « **Shajarat el hayat** », « **Megloub** », « **Abhel** » et « **Azouka** » (Bourkhiss, 2017).

II.2.2.2. Classification taxonomique

Le thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) appartient à la famille des *Cupressaceae* et au genre *Tetraclinis*, lequel est monospécifique puisqu'il ne comprend qu'une seule espèce. D'après **Quézel et Santa (1962)**, la classification botanique de *Tetraclinis articulata* est la suivante (Tableau n°1).

Tableau n°1 : Classification botanique de *Tetraclinis articulata*

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophytes
Sous embranchement	Gymnospermes
Classe	Conifères
Ordre	Coniférales (ou Pinales – terme moderne)
Famille	Cupressacées (<i>Cupressaceae</i>)
Genre	<i>Tetraclinis</i>
Espèce	<i>Tetraclinis articulata</i>

Parmi les Coniférales. Toutefois, les classifications phylogénétiques récentes le rattachent à l'ordre des Pinales (**Farjon, 2018**).

II.2.2.3. Description morphologique

Tetraclinis articulata est un arbre monoïque à feuillage persistant, caractérisé par un port pyramidal élancé et une hauteur pouvant atteindre environ 15 m. Les rameaux sont fins, aplatis et articulés, portant des feuilles réduites à de petites écailles opposées (**Figure n°9**). Le tronc est généralement rectiligne, recouvert d'une écorce grisâtre. Les fruits sont des cônes ligneux de forme cubique, s'ouvrant par quatre valves et renfermant des graines ailées (**Bourkhiss, 2017**).

Cette espèce se distingue également par sa capacité de régénération végétative à partir de la souche et par sa grande longévité, certains individus pouvant dépasser 400 ans (Bourkhiss, 2017).



Figure n°9 : Les différents organes de *Tetraclinis articulata* (aiguilles, cônes et écorce) (Hadjadj et Letreuch-Belarouci, 2017)

II.2.2.4. Écologie et distribution

Tetraclinis articulata est une espèce endémique du bassin méditerranéen occidental, dont la répartition est principalement concentrée en Afrique du Nord, notamment en Algérie, au Maroc et en Tunisie, avec quelques stations limitées en Europe. En effet, cette espèce est essentiellement confinée à la région méditerranéenne méridionale occidentale, ce qui confirme son caractère biogéographique particulier (Zahir *et al.*, 2020 ; Bourkhiss, 2017). La (figure n°10) illustre l'aire de répartition géographique de cette espèce.



Figure n°10 : Aire de répartition géographique de *Tetraclinis articulata* en Méditerranée sud-occidentale (Harbouche *et al.*, 2017)

Sur le plan écologique, *Tetraclinis articulata* se développe dans des conditions climatiques contraignantes, notamment en milieu semi-aride, caractérisé par des

températures élevées et une faible pluviométrie. Cette espèce est décrite comme thermophile et xérophile, ce qui traduit son adaptation aux milieux chauds et secs. De plus, sa distribution est fortement influencée par des facteurs environnementaux tels que la température et les précipitations, qui déterminent la disponibilité des habitats favorables à son développement (Mechergui *et al.*, 2025 ; El Mechri *et al.*, 2024).

Par ailleurs, cette essence forestière se caractérise par une importante plasticité écologique, lui permettant d'occuper des substrats variés, allant des sols calcaires et rocheux aux sédiments sableux, malgré des conditions édaphiques souvent contraignantes. De ce fait, *Tetraclinis articulata* joue un rôle écologique notable dans les écosystèmes méditerranéens, notamment dans la protection des sols contre l'érosion et les processus de désertification (Bourkhiss, 2017 ; El Mechri *et al.*, 2024).

II.2.2.5. Utilisations ethnomédicales

Au XVII^e siècle Le thuya surnommé *arbre de vie* en raison de l'importance médicinale de sa résine balsamique, utilisée notamment pour ses effets fébrifuges et stimulants (Ayache, 2007).

Les différentes parties de la plante, telles que les feuilles, les rameaux et les extraits, sont employées pour le traitement de plusieurs affections, notamment les infections intestinales, les troubles digestifs, les maladies respiratoires, ainsi que certaines pathologies chroniques comme le diabète, l'hypertension artérielle et la fièvre notamment chez les enfants (Zahir *et al.*, 2020).

Ces usages traditionnels témoignent de la richesse de cette espèce en composés bioactifs et de son importance dans les soins de santé locaux (Zahir *et al.*, 2020).

II.2.2.6. Composition chimique et propriétés biologiques

Tetraclinis articulata se caractérise par une composition chimique riche et diversifiée, dominée par les métabolites secondaires répartis dans l'ensemble de ses organes, notamment les feuilles, les rameaux, le bois et la résine. Cette espèce contient une grande variété de composés bioactifs, tels que les terpènes, les flavonoïdes et les polyphénols, qui sont à l'origine de ses nombreuses propriétés biologiques, notamment

antimicrobiennes (antibactériennes et antifongiques), antioxydantes et anti inflammatoires (**Zahir et al., 2020**).

Les études phytochimiques ont montré que les huiles essentielles extraites des différentes parties de la plante constituent une source importante de composés volatils, principalement représentés par des monoterpènes, des sesquiterpènes et des diterpènes. Parmi ces composés, l' α -pinène, le camphre et l'acétate de bornyle figurent parmi les constituants majeurs. Par ailleurs, la fraction non volatile est riche en composés phénoliques, notamment les flavonoïdes (flavones, flavanones et flavonols) ainsi que les tanins catéchiques (**Djouahri, 2013**).

En particulier, les huiles essentielles du bois de *Tetraclinis articulata* renferment des composés phénoliques tels que le thymol et le 3-tert-butyl-4-méthoxyphénol, ainsi que des terpènes comme l' α -cédrène et le cédrol. Ces molécules confèrent au bois une résistance accrue à la dégradation fongique, contribuant ainsi à sa durabilité (**El Moussaouiti et al., 2010**).

II.3. Huile essentielle

II.3.1. Définition

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes constitués principalement de composés volatils . Elles sont synthétisées par des organismes vivants et obtenues exclusivement par des procédés physiques notamment par pression ou par distillation à partir d'une plante entière ou d'une partie spécifique d'origine botanique bien déterminée (**Franz et Novak, 2010**).

Selon la norme ISO 9235, Une huile essentielle est un produit odorant obtenu à partir d'une matière première végétale par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou par des procédés mécaniques appropriés (**ISO, 2021**).

II.3.2. Localisation et lieu de synthèse

Les huiles essentielles sont présentes dans les différentes parties vivantes de la plante et sont synthétisées dans le cytoplasme de cellules sécrétrices, dont la localisation varie selon l'organe végétal. Elles s'accumulent généralement dans des structures

spécialisées, telles que les cellules glandulaires, souvent protégées par une cuticule. Par la suite, elles sont stockées dans des structures histologiques spécifiques, situées à la surface ou à proximité de celle-ci. Ces structures peuvent être des cellules sécrétrices isolées (comme chez les Lauraceae et les Zingiberaceae), des poils glandulaires épidermiques produisant des essences superficielles (présents chez les Lamiaceae, les Geraniaceae et les Rutaceae), des poches sécrétrices (Myrtaceae, Rutaceae) ou encore des canaux sécréteurs (Apiaceae, Asteraceae) **(Bruneton, 1999 ; Boz *et al.*, 2009)**.

Les huiles essentielles peuvent être extraites de différents organes de la plante, notamment les écorces (cannelier, citron, orange, bergamote), les graines (carvi, cardamome, coriandre, fenouil), les feuilles (eucalyptus, mélisse, citronnelle), les racines (angélique, vétiver), les rhizomes (gingembre), les fleurs (origan, ylang-ylang, camomille), le bois (cèdre, santal), la sève (encens, myrrhe), les bourgeons (pin) ainsi que les fruits (badiane) **(Bruneton, 1999)**.

II.3.3. Composition chimique

Une huile essentielle est constituée d'un mélange complexe de composés organiques, pouvant contenir plus de 60 molécules différentes. Les constituants majoritaires représentent généralement plus de 85 % de la composition totale, tandis que les autres composés sont présents à l'état de traces **(Senatore, 1996)**. Tous ces composés se répartissent en deux grandes catégories : d'une part, les terpènes, et d'autre part, les composés aromatiques issus du phénylpropane **(Bruneton, 1999 ; Baser et Buchbauer, 2010)**.

II.3.3.1. Terpènes

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, à structure cyclique ou linéaire **(Hernandez-Ochoa, 2005)**. Le terme terpène désigne actuellement les composés hydrocarbonés de la famille desterpénoïdes **(Baser et Buchbauer, 2010)**. Ils sont classés selon le nombre d'unités isopréniques (C5) en plusieurs catégories, notamment les monoterpènes (C10) et les sesquiterpènes (C15), qui sont les plus représentés dans les huiles essentielles en raison de leur volatilité **(Fillatre, 2011 ; Svoboda et Hampson, 1999)**. Les monoterpénoïdes constituent à eux seuls près de 90 % de la composition des huiles essentielles **(Bakkali *et al.*, 2008)**.

Les terpénoïdes présentent une grande diversité structurale, dont certaines formes sont illustrées dans la figure suivante (**figure n°11**) (Fillatre, 2011).

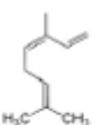
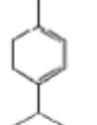
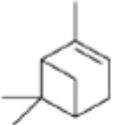
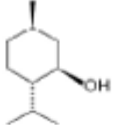
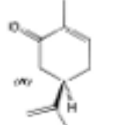
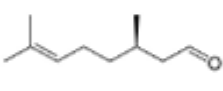
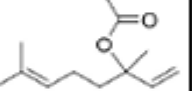
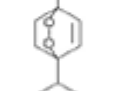
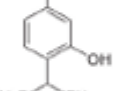
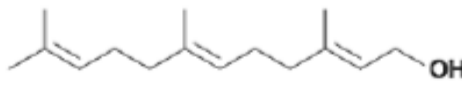
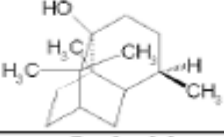
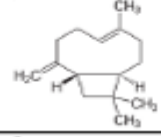
				
<i>Ocimène</i>	<i>α-terpinène</i>	<i>α-pinène</i>	<i>(+)-menthol</i>	<i>R-carvone</i>
				
<i>Citronellal</i>	<i>Acétate de linalyle</i>	<i>Eucalyptol</i>	<i>Ascaridole</i>	<i>Thymol</i>
				
<i>Farnésol</i>	<i>Patchoulol</i>		<i>β-caryophyllène</i>	

Figure n°11 : Représentation des principales structures des monoterpénoïdes et des sesquiterpénoïdes (Fillatre, 2011)

II.3.3.2. Composés aromatiques

Les composés aromatiques sont généralement moins abondants que les terpènes et dérivent principalement du phénylpropane (**Figure 12**). Ils présentent des propriétés et des applications similaires à celles des monoterpénoïdes et des sesquiterpénoïdes. Cette catégorie comprend notamment des alcools (alcool cinnamique), des aldéhydes (cinnamaldéhyde), des phénols (chavicol, eugénol), des composés méthoxylés (méthyleugénol, élémicine, estragole, anéthole) ainsi que des dérivés méthylènedioxy (safrole, myristicine, apiol) (Eslahi *et al.*, 2017).

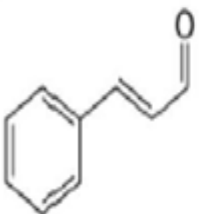
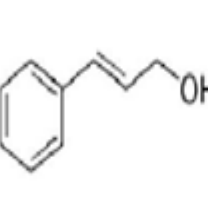
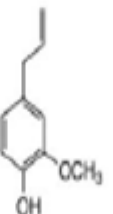
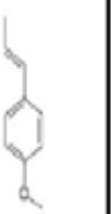
				
<i>Cinnamaldéhyde</i>	<i>Alcool cinnamique</i>	<i>Eugenol</i>	<i>Anéthole</i>	<i>Safrol</i>

Figure n°15 : Exemples de composés aromatiques C6-C3 caractéristiques des huiles essentielles (Bruneton, 1999)

II.3.3.3. Composés d'origine diverses

Il existe également d'autres composés spécifiques, contenant du soufre ou de l'azote, issus de la dégradation de terpènes non volatils et d'acides gras. Bien que présents en faibles quantités, ces composés peuvent exercer une influence significative. À titre d'exemple, la β -damascénone, issue de la dégradation des terpènes, ne représente que 0,14 % de l'huile essentielle de rose (*Rosa damascena*), mais constitue un contributeur majeur à son arôme (Ohashi et al., 2019).

II.3.3.4. Notion de chémotype

Le chémotype d'une huile essentielle désigne le composé biochimique majoritaire ou caractéristique qu'elle contient. Il permet de distinguer des huiles essentielles issues d'une même espèce botanique mais présentant des compositions chimiques différentes. Cette notion est essentielle pour une utilisation plus précise, sûre et efficace. Le polymorphisme chimique est observé chez certaines espèces, telles que *Thymus vulgaris*, *Mentha spicata* et *Origanum vulgare*. Il est également important de noter que des chémotypes différents peuvent entraîner des variations significatives des activités biologiques ainsi que de la toxicité (Pibiri, 2005).

II.3.4. Toxicité

Les huiles essentielles sont des concentrés de molécules actives extraites des plantes, souvent présentées comme « sans danger », mais qui demeurent néanmoins des composés puissants (Degryse et al., 2008). Leur utilisation, de plus en plus répandue avec le développement de l'aromathérapie, nécessite une grande prudence en raison de leur composition chimique complexe et de leurs effets potentiellement indésirables (Piochon, 2008 ; Bruneton, 1999).

Certaines huiles essentielles présentent une toxicité cutanée, incluant des effets irritants (thymol, carvacrol), allergènes (cinnamaldéhyde) ou phototoxiques, comme celles du genre *Citrus* riches en furocoumarines (Smith et al., 2000 ; Naganuma et al., 1985). Par ailleurs, plusieurs composés tels que le limonène, le géraniol ou l'eugénol peuvent induire des réactions allergiques chez les individus sensibles (Jouault, 2012).

Cependant, dans le cas de *Tetraclinis articulata*, il a été rapporté que cette espèce présente une faible toxicité aiguë. Néanmoins, des études toxicologiques approfondies des extraits et des huiles essentielles demeurent nécessaires afin d'évaluer son innocuité aussi bien pour l'environnement que pour l'organisme humain (**Zahir *et al.*, 2020**).

Partie II :

Partie
expérimentale

Matériel et méthodes



III. Matériel et méthodes

III.1. Matériel végétal

III.1.1. Récolte

L'espèce *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters a été récoltée durant à la fin du mois de janvier 2026 dans la forêt d'Aïn Nouissy (forêt de chegga), située dans la wilaya de Mostaganem, à l'ouest de l'Algérie (Tableau n°2 ; Figure n°13 ; Figure n° 14).

Tableau n°2 : Coordonnées géographiques du site de récolte de l'espèce étudiée

Espèce	Région	Coordonnées géographiques
<i>Tetraclinis articulata</i>	Aïn Nouissy (Mostaganem)	Altitude : 90 m , longitude : 0°2'53''E , latitude : 35°48'25''N

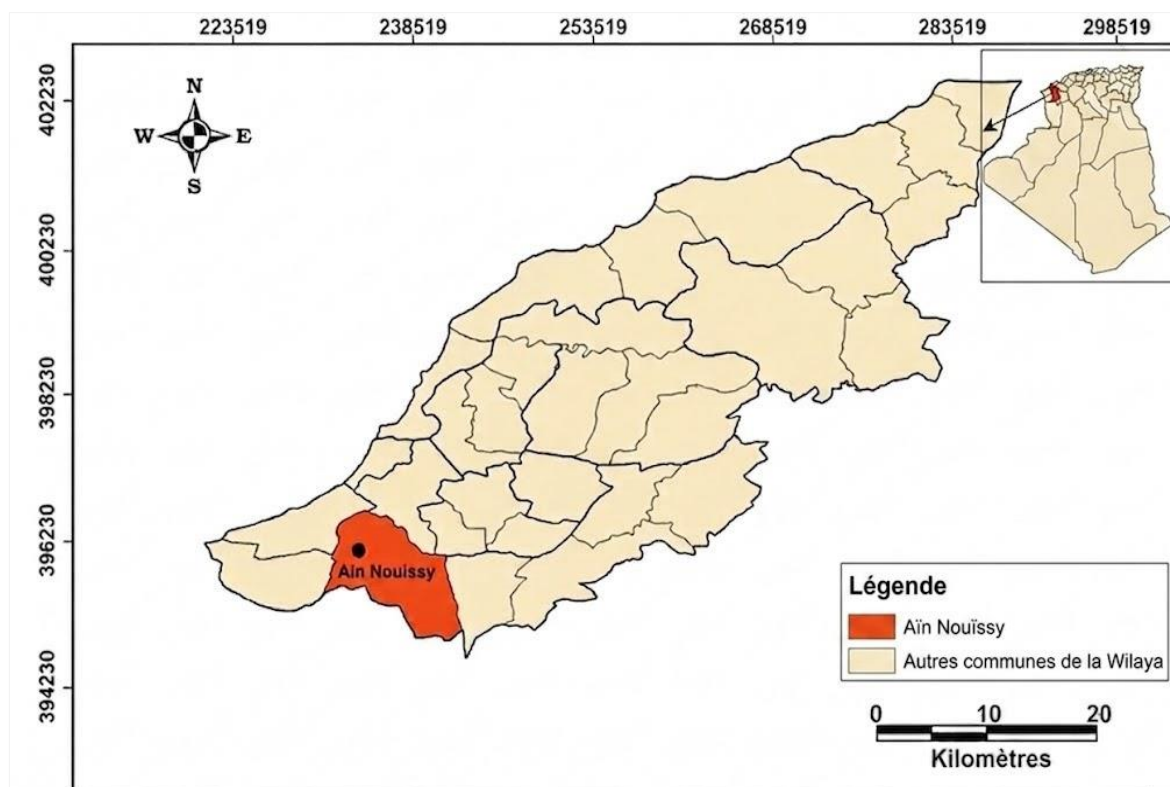


Figure n°13 : Carte de situation géographique de la commune d'Aïn Nouissy (wilaya de Mostaganem), (adaptée de Benkarouba *et al.*, 2017)



**Figure n°14 : Le thuya de Berbérie de la forêt de Chegga, à Aïn Nouïssy (Mostaganem)
(Source : Photos personnelles, 2026)**

L'espèce a été identifiée par M. BAHRI Fouad, professeur à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

La matière végétale a ensuite été lavée afin d'éliminer toutes les sources de contamination (« poussières, moisissures, agents polluants »). L'étude a été réalisée sur des feuilles et des tiges à l'état frais, ainsi que sur des feuilles et des tiges séchées à l'ombre (sans exposition directe au soleil) pendant 15 jours, à une température comprise entre 22 et 25 °C (Krakowska-Sieprawska *et al.*, 2022).

III.1.2. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$H \% = \frac{(\text{poids } \alpha - \text{poids } \beta)}{\text{poids } \alpha} \times 100$$

Avec :

- **poids α** : poids initial de l'échantillon frais ;
- **poids β** : poids de l'échantillon après séchage.
- **H%** : Taux d'humidité exprimé en pourcentage.

III.1.3. Screening phytochimique

III.1.3.1. Principe

Le screening phytochimique, ou criblage phytochimique, est une étape qui consiste à détecter qualitativement les principaux groupes de composés chimiques présents dans une plante, tels que les alcaloïdes et les flavonoïdes. Les tests phytochimiques reposent sur des essais de solubilité, des réactions de coloration et de précipitation, ainsi que

sur des observations sous lumière ultraviolette.

L'analyse phytochimique a été réalisée sur les parties aériennes de *Tetraclinis articulata* (feuilles et tiges) en utilisant les tests standards décrits par **Bahloul et al. (2026)** :

III.1.3.2. Phénols

Les phénols (ou composés phénoliques) sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'au moins un groupement hydroxyle (-OH) directement lié à un noyau aromatique. Leur mise en évidence est réalisée à l'aide du test au chlorure ferrique (FeCl_3 à 5 %). En présence de ce réactif, les groupements phénoliques forment des complexes avec les ions Fe^{3+} , ce qui se traduit par l'apparition d'une coloration violette caractéristique.

III.1.3.3. Saponosides (test de mousse)

Le test des saponosides est une méthode qualitative utilisée pour mettre en évidence la présence des saponosides, qui sont des composés naturels capables de produire de la mousse en solution aqueuse

Les saponosides possèdent des propriétés tensioactives. Lorsqu'une solution contenant des saponosides est agitée, ces composés réduisent la tension superficielle de l'eau et forment une mousse stable et persistante.

III.1.3.4. Flavonoïdes (réaction de Shinoda)

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques présents dans les plantes.

Le test réalisé permet de détecter qualitativement ces composés en présence de magnésium (Mg) et d'acide chlorhydrique (HCl), entraînant l'apparition d'une coloration caractéristique

III.1.3.5. Coumarines

Les coumarines possèdent la propriété de devenir fluorescentes (bleu-vert) lorsqu'elles sont exposées à la lumière ultraviolette en présence d'ammoniaque

III.1.3.6. Tanins

La présence des tanins est mise en évidence par l'ajout de chlorure ferrique (FeCl_3), entraînant l'apparition d'une coloration bleu-noir pour les tanins galliques et brun verdâtre pour les tanins catéchiques

III.1.3.7. Terpénoïdes

Les terpénoïdes réagissent avec l'acide sulfurique concentré en présence d'un solvant organique, souvent le chloroforme, produisant une coloration rouge-brun caractéristique à l'interface des deux phases (zone de contact).

Les principaux tests utilisés pour le screening phytochimique ainsi que les réactions caractéristiques observées sont présentés dans le **(tableau n°3)**.

Tableau n°3 : Tests de screening phytochimique et résultats attendus

Composé	Méthode	Résultats
Phénols	0,5 ml d'extrait + FeCl_3 (5 %)	Violette
Saponosides	1 ml d'extrait + 3 ml d'eau → agitation	Mousse persistante
Flavonoïdes	2 ml d'extrait + Mg + HCl	Coloration rouge orangée
Coumarines	2 ml d'extrait + NaOH 10 %	Coloration jaune
Tanins	0,5 ml d'extrait + 2 à 3 gouttes de FeCl_3	Coloration bleu-noir (tanins galliques) ou brun verdâtre (tanins catéchiques)
Terpénoïdes	Extrait + chloroforme + H_2SO_4	Formation d'un anneau rouge-brun

III.2. Huiles essentielles

III.2.1. Extraction de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata*

III.2.1.1. Entraînement à la vapeur d'eau

L'extraction de l'huile essentielle des feuilles fraîches et sèches ainsi que des tiges fraîches et sèches de *Tetraclinis articulata* a été réalisée par entraînement à la vapeur d'eau à l'aide d'un vapo-distillateur de type SPRING A 105, d'une capacité de 12 litres (**Figure n°15**). Pour cela, 1,5 kg de matériel végétal a été déposé sur une grille placée au-dessus de l'eau portée à ébullition. Les vapeurs générées traversent la plante, libèrent l'huile essentielle contenue dans les tissus végétaux et l'entraînent avec elles. Après condensation au niveau du réfrigérant, le distillat obtenu est récupéré dans une ampoule à décanter, où l'huile essentielle se sépare de l'eau par différence de densité.

L'huile essentielle obtenue a été conservée à 0 °C dans des tubes en verre opaques et hermétiquement fermés, afin de la protéger de l'air et de la lumière jusqu'à son utilisation.

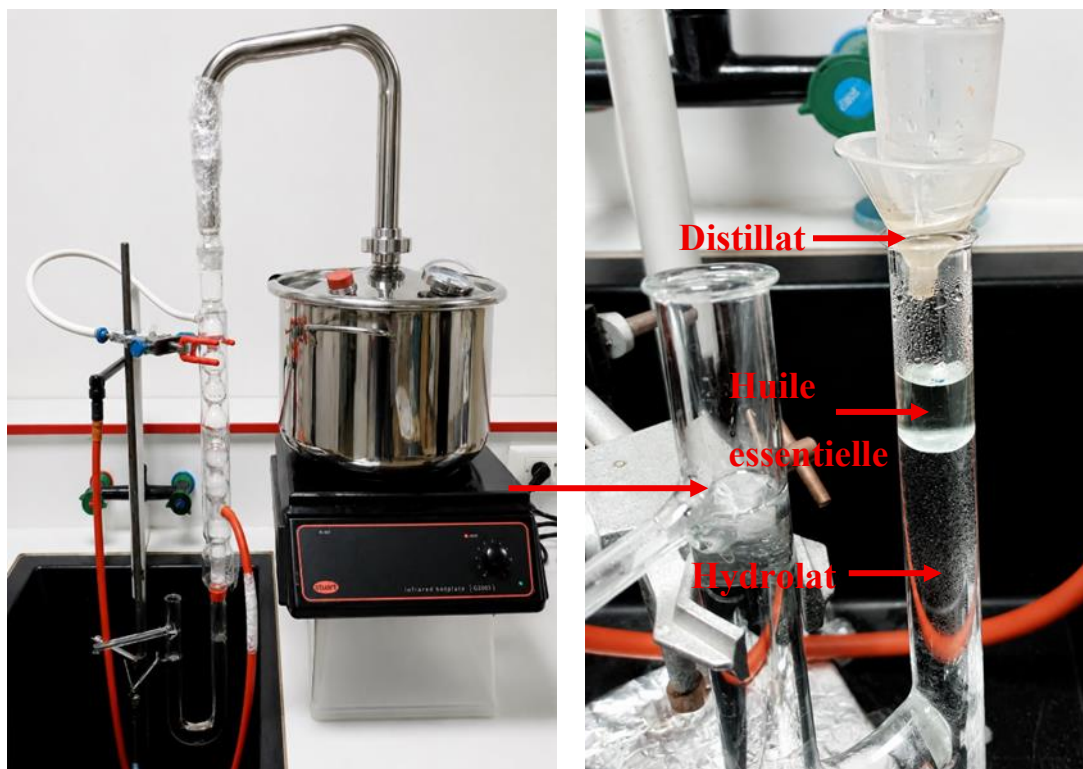


Figure n°15 : Vapo-distillateur de type SPRING A 105, d'une capacité de 12 litres, utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Source : Photos personnelles, 2026)

III.2.2. Calcul du rendement

Selon la norme **AFNOR (1986)**, le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après extraction et la masse de la matière végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$R\% = \text{MHE} / \text{MP} \times 100$$

R% : Rendement en huile essentielle.

MHE : Masse d'huile essentielle en gramme.

MP : Masse de plante en gramme.

III.3. Procédés d'étude microbiologique

III.3.1. Souches microbiennes testées

Pour notre étude, nous avons testé la sensibilité de quatre souches microbiennes cliniques identifiées, provenant d'un laboratoire privé : *Streptococcus* β-hémolytique et *Moraxella catarrhalis*, ainsi que de l'hôpital d'Aïn Tedles : *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les souches testées sont multirésistantes (**Tableau n°4**).

Tableau n°4 : Profil de résistance aux antibiotiques des souches testées

Souches	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Moraxella catarrhalis</i>	<i>Streptococcus</i> β-hémolytique
ATB	OFX 05 µg	LEV 05 µg	CIP 05 µg	CTX 30 µg
	SX 25 µg	SXT 25 µg	CTX 30 µg	AM 10 µg
	LEV 05 µg	OFX 05 µg	OFX 05 µg	OFX 05 µg
	AMX 25 µg	CIP 05 µg	P 10 µg	CZ 30 µg
	GEN 10 µg	GEN 10 µg		CN 120 µg
	E 15 µg	CZ 30 µg		LEV 05 µg
	CFM 05 µg			AUG 30 µg
				SXX 25µg

III.3.2. Milieux de culture utilisés

Les milieux de culture employés pour les différents tests microbiologiques sont les suivants (**Annexe n°1**) :

- Bouillon nutritif
- Gélose nutritive
- Muller Hinton liquide et solide
- Milieu LB « **Luria-Bertani** »

III.3.3. Revivification et repiquage des souches bactériennes

La revivification des souches constitue une étape indispensable avant leur utilisation, car leur activité biologique est inactive à l'état de conservation. Cette opération a pour objectif d'obtenir une culture jeune et pure.

Elle est réalisée par un repiquage sur une gélose nutritive favorable à leur croissance, selon la méthode décrite par (**Guignard, 2004**).

Pour la bactérie, la souche clinique a d'abord été retirée du réfrigérateur puis laissée à température ambiante (**Annexe n°2**).

- Un volume de 1 mL du milieu de conservation de la bactérie a été prélevé puis introduit dans 10 mL de bouillon nutritif, suivi d'une incubation à 37 °C pendant 3 heures.
- Ensuite, 0,1 mL de cette suspension a étéensemencé en surface dans des boîtes de Pétri contenant la gélose nutritive (GN) ainsi que le milieu de Chapman pour les staphylocoques.
- Les boîtes ont finalement été incubées à 37 °C pendant 24 heures.

Ce repiquage a permis d'obtenir des colonies isolées et distinctes.

III.3.4. Préparation des disques

Les disques ont été préparés à partir de papier Whatman n° 3 découpé en pastilles de 6 mm de diamètre. Ils ont ensuite été placés dans des tubes à essai puis stérilisés à l'autoclave pendant 15 minutes à 120 °C. Après stérilisation, les disques ont été conservés

à température ambiante dans des tubes hermétiquement fermés, selon la méthode décrite par (Zahira *et al.*, 2013).

III.3.5. Préparation de l'inoculum

Les inoculums ont été préparés à partir d'une culture jeune de 18 à 24 h sur milieu solide. Quelques colonies similaires et bien isolées ont été prélevées puis suspendues dans de 5 mL d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation de la suspension bactérienne à l'aide d'un vortex, la densité optique a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 625 nm. La densité obtenue devait être comprise entre 0,08 et 0,1, correspondant à une concentration estimée à 10^8 UFC/mL, conformément à la méthode décrite par (Rasooli *et al.*, 2006).

III.3.6. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

III.3.6.1. Technique d'aromatogramme (méthode de Vincent)

La mise en œuvre de cette méthode repose sur le principe de l'antibiogramme (NCCLS, 1997). Dans les aromatogrammes, des milieux de culture solides et liquides peuvent être utilisés ; cependant, en pratique courante, le milieu solide demeure le plus simple d'utilisation et le plus facilement reproductible (Pibiri, 2006).

L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été déterminée par la méthode de diffusion en gélose selon la technique décrite par Abdelli *et al.* (2019).

Cette étude a été réalisée en deux étapes : la première a concerné les huiles essentielles extraites des feuilles et des tiges fraîches de *Tetralinis articulata*, tandis que la seconde a porté sur celles extraites des parties séchées à l'ombre pendant 15 jours.

Des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre ont été préparées en y versant 20 mL de gélose Mueller-Hinton (MHA), puis laissées à solidifier et à sécher pendant 30 minutes à température ambiante avant utilisation. Parallèlement, la densité des suspensions bactériennes a été ajustée à l'aide d'eau physiologique stérile afin d'obtenir une concentration finale de 10^8 UFC/mL.

Ensuite, 100 μ L des suspensions bactériennes ajustées ont étéensemencés à la surface des boîtes contenant la gélose Mueller-Hinton. Des disques stériles de papier Whatman

de 6 mm de diamètre, imprégnés de 15 μ L d'huile essentielle pure, ont été déposés aseptiquement à l'aide d'une pince stérile sur la surface de la gélose. Chaque boîte de Pétri contenait quatre disques imprégnés des huiles essentielles préparées. Les boîtes ont ensuite été fermées puis incubées à 37 °C pendant 24 h.

Après incubation, les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés en millimètres. Les résultats ont été exprimés selon une échelle de notation symbolique des huiles essentielles allant de (-) à (+++), selon la méthode décrite par **Ponce *et al.* (2003)**:

- $\varnothing < 8$ mm : huile essentielle sans activité inhibitrice (-) ;
- $\varnothing$ de 8 à 14 mm : activité inhibitrice faible à modérée (+) ;
- $\varnothing$ de 15 à 19 mm : activité inhibitrice importante (++) ;
- $\varnothing \geq 20$ mm : activité inhibitrice très importante (+++).

Un témoin négatif a été réalisé pour chaque souche à l'aide d'un disque stérile vierge, puis incubé à 37 °C selon la méthode décrite par **Ponce *et al.* (2003)**. Par ailleurs, un antibiogramme servant de témoin positif pour chaque germe étudié a été obtenu auprès du laboratoire d'origine afin de vérifier et de valider la sensibilité des souches bactériennes.

III.3.6.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) constitue une technique essentielle pour évaluer la sensibilité d'une bactérie vis-à-vis d'une huile essentielle. La CMI correspond à la plus faible concentration d'huile essentielle capable d'inhiber la croissance visible d'une bactérie (**Skandamis et Nychas, 2001**).

Cette analyse a été réalisée par la méthode de microdilution en milieu liquide. Des plaques stériles à fond rond ont été utilisées, chaque puits étant rempli de milieu de culture Mueller-Hinton (MH) ou (LB). À partir du premier puits, des dilutions successives de l'huile essentielle ont été effectuées à raison de 100 μ L. Ensuite, 10 μ L de la suspension bactérienne préalablement préparée ont été ajoutés dans chaque puits contenant le bouillon de culture. L'ensemble a été incubé à 37 °C pendant 24 h, selon la méthode décrite par (**Okou *et al.*, 2006 ; Koné *et al.*, 2007**).

Les dilutions obtenues étaient les suivantes : 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 et 1/128 (**Abdelli *et al.*, 2019**).

La lecture des résultats a été effectuée après 24 h d'incubation par l'ajout de 20 µL de solution de TTC dans chaque puits, suivi d'une nouvelle incubation à 37 °C pendant 2 h.

III.3.6.3. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

Le contenu des tubes dans lesquels aucune turbidité n'a été observée a servi à ensemencer le milieu gélosé Mueller-Hinton (MH) par des stries de 5 cm de longueur, à l'aide d'une anse calibrée de 0,2 µL, en commençant par le tube correspondant à la CMI. Les boîtes de Pétri ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h (**Oussou *et al.*, 2004 ; Kouadio *et al.*, 2013**).

III.4. Activité insecticide

Pour cette étude, *Dactylopius opuntiae* est une espèce de cochenille originaire d'Amérique, considérée comme l'un des ravageurs les plus destructeurs du figuier de Barbarie (**Mendel *et al.*, 2020**). Depuis son introduction accidentelle dans le bassin méditerranéen — signalée au Maroc en 2014 puis plus récemment en Algérie et en Tunisie — cette espèce provoque d'importants dégâts dans les plantations, menaçant la production fruitière, l'alimentation du bétail ainsi que l'industrie cosmétique. Les insectes utilisés dans cette étude ont été prélevés à partir d'un *Opuntia ficus-indica* infecté situé dans la commune de Sayada, wilaya de Mostaganem.

III.4.1. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle par contact

L'évaluation du pouvoir insecticide de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* a été déterminée par la méthode de contact décrite par (**Ebrahimi *et al.*, 2013**). Pour cela, des boîtes de Pétri ont été utilisées comme chambres d'essai pour la détermination de l'activité insecticide sur *Dactylopius opuntiae*. Cinq individus de *Dactylopius opuntiae* ont été placés sur du papier filtre humide (saturé d'eau distillée) dans une boîte de Pétri et laissés au repos pendant une demi-heure.

L'huile essentielle a été préparée avec du Tween 80 (1 %) à une concentration de 100 µL/mL. Les échantillons ont été appliqués sur du papier Whatman fixé sur la surface intérieure de la boîte de Pétri afin d'éviter tout contact direct avec les insectes. Un traitement témoin contenant uniquement du Tween 80 (1 %) a également été préparé. Chaque essai a été réalisé trois fois.

III.4.2. Expression des résultats

La mortalité des pucerons a été enregistrée 24 h après leur exposition à l'huile essentielle (Albouchi *et al.*, 2018). Les individus incapables de se déplacer après un léger contact à l'aide d'un pinceau fin ont été considérés comme morts (Ebrahimi *et al.*, 2013). Le pourcentage de mortalité a été calculé selon la formule d'Abbott (1925) :

$$M\% = \frac{(MT-MC)}{SC} \times 100$$

- **M%** : Pourcentage de mortalité
- **MT** : Mortalité (individus morts) dans la population traitée avec l'huile essentielle
- **MC** : Mortalité (individus morts) dans la population contrôle.
- **SC** : Nombre de survivant dans la population

III.5. Analyse statistique

Les résultats ont été exprimés en moyenne $\pm$ écart-type à partir de trois répétitions. Les données de recherche ont été analysées à l'aide du logiciel Excel (version 16) et du logiciel Jamovi (version d'essai) (Ouguirti *et al.*, 2021).

III.6. Analyse rétrospective de la résistance bactérienne aux antibiotiques à l'EPH Mesra et à l'EPH Aïn Tedles (Mostaganem) de 2023 à 2025

III.6.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude rétrospective et comparative portant sur la résistance bactérienne aux antibiotiques au niveau de deux structures hospitalières : l'Établissement Public Hospitalier (EPH) d'Aïn Tedles et celui de Mesra, situés dans la wilaya de

Mostaganem. Ce type d'étude repose sur l'exploitation des données microbiologiques déjà archivées et disponibles au niveau des laboratoires.

III.6.2. Lieu d'étude

L'étude a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie de l'hôpital d'Aïn Tedles et du service de médecine interne de l'EPH de Mesra.

III.6.3. Période d'étude

L'étude s'étale sur une période de trois ans, menée du 1er janvier 2023 au 31 décembre 2025.

III.6.4. Population d'étude

La population étudiée comprend un total de 89 prélèvements bactériologiques présentant un antibiogramme résistant (« pus », ECBU, PV, etc.), répartis comme indiqué dans le (tableau n°5).

Tableau n°5 : Répartition des prélèvements bactériologiques entre 2023 et 2025

Hôpital	Année	Nbr de prélèvements positifs résistants aux ATB	Total
EPH Aïn Tedles	2023	13	59
	2024	09	
	2025	37	
EPH Mesra	2023	08	30
	2024	12	
	2025	10	

III.6.5. Critères d'inclusion

Tous les prélèvements bactériologiques positifs présentant une identification bactérienne fiable ainsi qu'un antibiogramme exploitable ont été inclus dans cette étude.

Dans cette étude, une attention particulière a été portée aux antibiotiques suivants :

Ampicilline « AM » ; Amoxicilline « AMX » ; Amoxicilline + acide clavulanique « AMC » ; Gentamicine « GEN » ; Céfazoline « CZ » ; Ciprofloxacine « CIP».

III.6.6. Recueil des données :

Les données ont été recueillies à partir des registres du service de médecine interne et des bases de données des laboratoires.

III.6.7. Variables étudiées

La population étudiée varie selon l'âge, le sexe, le type de prélèvement, les espèces bactériennes et les résultats de l'antibiogramme.

III.6.8. Limites de l'étude

Données manquantes au niveau du laboratoire et des dossiers des patients, indisponibilité de plusieurs types d'antibiotiques à certaines périodes de l'année, ainsi qu'un manque de diversité de l'échantillonnage.

Résultats et Discussion



IV. Résultats et Discussion

IV.1. Matériel végétal

IV.1.1. Taux d'humidité

L'humidité des différentes parties de *Tetraclinis articulata* a révélé les taux indiqués dans le (tableau n°6). Une représentation graphique sous forme d'histogramme (Figure n°16) a été réalisée afin de mieux visualiser et comparer les teneurs en eau des différentes parties étudiées.

Tableau n°6 : Taux d'humidité des différentes parties de *Tetraclinis articulata*

Parties de <i>Tetraclinis articulata</i>	Taux d'humidité
Feuilles	72 ,83 %
Tiges	5 ,83%

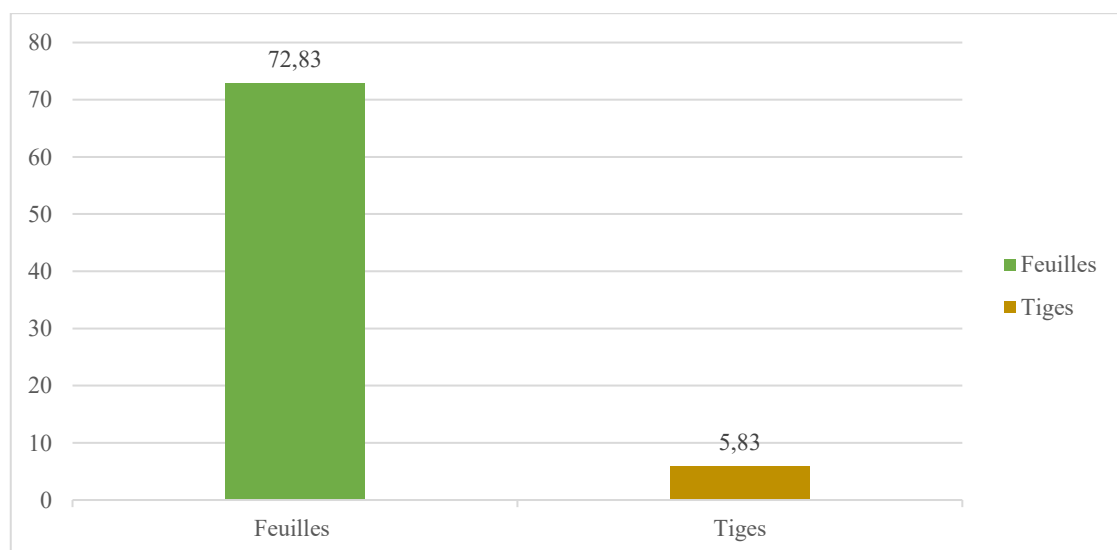


Figure n°16 : Histogramme représentant le taux d'humidité des différentes parties de *Tetraclinis articulata*

Les feuilles de *Tetraclinis articulata* présentent une teneur en eau de 72,83 %, ce qui correspond à une teneur en matière sèche de 27,17 %, à partir de laquelle les huiles essentielles ont été extraites.

Les tiges de *Tetraclinis articulata* présentent une teneur en eau de 5,83 %, ce qui correspond à une teneur en matière sèche de 94,17 %, à partir de laquelle les huiles essentielles ont été extraites.

Des travaux récents confirment ces résultats. **Amraoui et al. (2025)** ont étudié la relation entre le taux d'humidité et le pouvoir métabolique de *Tetraclinis articulata*. Dans cette étude, une différence significative a été observée entre la teneur en eau des feuilles et celle des tiges : la teneur en eau est plus élevée dans les feuilles et plus faible dans les tiges. Un résultat similaire a également été observé par **Khatib et al. (2024)**.

IV.1.2. Screening phytochimique

L'évaluation préliminaire de la composition phytochimique des parties aériennes traitées de l'espèce *Tetraclinis articulata*, réalisée par des réactions qualitatives de caractérisation, a permis de mettre en évidence la présence de différents groupes chimiques. Les résultats obtenus sont résumés dans le (tableau n°7).

Tableau n°7 : Résultats du screening phytochimique de *Tetraclinis articulata*

Composés phytochimiques recherchés	<i>Tetraclinis articulata</i>	
	Feuilles	Tiges
Phénols	+++	+
Saponosides	-	-
Flavonoïdes	-	-
Coumarines	-	-
Tanins	+	+
Terpènes	-	-

(+) : Présents ; (++) : abondants ; (+++) : très abondants ; (-) : absents.

NB : Les résultats du screening phytochimique présentés dans le (tableau n°7) sont purement qualitatifs ; l'évaluation de la présence ou de l'abondance des composés

(de + à +++) dépend de l'intensité de la coloration ou de la précipitation obtenue lors des tests chimiques.

Les résultats du criblage phytochimique de *Tetraclinis articulata*, mentionnés dans le tableau n°7, montrent la présence de deux composés phytochimiques dans les parties aériennes de *T. articulata* (feuilles et tiges) : les composés phénoliques et les tanins.

Les travaux de **Bahri et al. (2015)** montrent une richesse de la composition chimique de *Tetraclinis articulata* d'origine algérienne. Ces travaux expliquent la présence de l'activité antibactérienne de cette plante, avec plus de soixante-deux composés responsables de l'effet antibactérien de *Tetraclinis articulata*.

Nos résultats sont en accord avec les études de **Sliti (2015)**. En effet, cette étude a montré la présence de tanins en faible quantité, tandis que les composés phénoliques étaient présents à une concentration très élevée.

Les composés phénoliques sont largement reconnus pour leur rôle dans les effets antibactériens et antioxydants de *Tetraclinis articulata* (**Boussaid et al., 2022**).

En effet, l'absence des autres composés ne signifie pas une absence naturelle, mais s'explique par le fait que la saison de collecte ne correspondait pas à une période de maturation de la plante.

IV.2. Huiles essentielles

IV.2.1. Rendement en huile essentielle

Les rendements moyens en huiles essentielles des parties aériennes de *T. articulata*, extraites par entraînement à la vapeur d'eau, ont été calculés en fonction de la masse du matériel végétal traité. Les résultats obtenus sont résumés dans le (tableau n°8).

Tableau n°8 : Rendement en huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata*

<i>Tetraclinis articulata</i>					
Huile essentielle	Feuille fraîche	Tige fraîche	Feuille sèche	Tige sèche	Total

Rendement (%)	0,095	0.041	0.29	0.096	0.52
----------------------	-------	-------	------	-------	------

Les résultats obtenus dans le tableau n°8 montrent que les feuilles sèches de *Tetraclinis articulata* ont donné le rendement en huile essentielle le plus élevé, avec une valeur de 0,29 %, comparativement aux autres préparations.

Bien que ce rendement demeure relativement faible, il reste supérieur à ceux obtenus pour les autres parties étudiées. Toutefois, cette faible teneur pourrait être liée à la période de récolte de la plante, qui ne correspondait peut-être pas au stade optimal de maturité, ce qui pourrait expliquer la diminution du rendement en huiles essentielles.

Les variations des rendements en huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata* sont illustrées dans la (figure n°17).

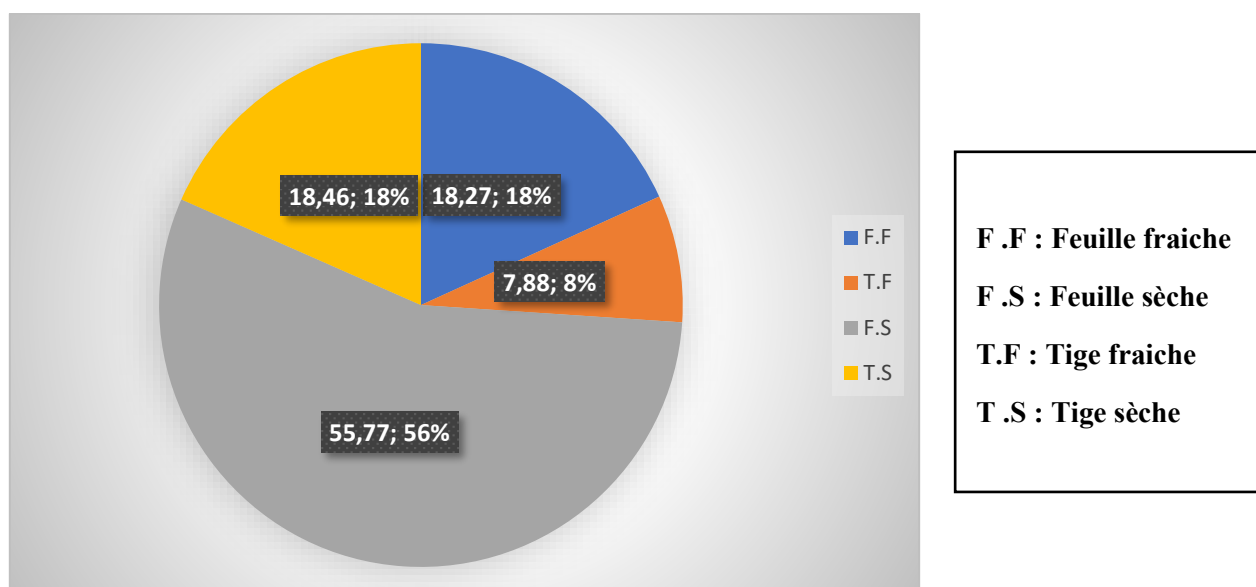


Figure n°17 : Répartition des rendements en huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata*

Des études antérieures confirment nos résultats. Ainsi, **Boussaid et al. (2022)** ont étudié le rendement en huile essentielle des parties aériennes de *Tetraclinis articulata* (feuilles et tiges) provenant de la région de Tlemcen. Les résultats obtenus ont montré des rendements variant entre 0,16 et 0,66 %.

Pour les feuilles, notre résultat se situe dans cet intervalle. En revanche, le rendement obtenu pour les tiges est relativement faible. Cette différence pourrait être expliquée par les conditions climatiques ainsi que par la période de récolte.

Par ailleurs, **Boussaid *et al.* (2015)** ont rapporté que les rendements en huile essentielle des parties aériennes (feuilles et tiges) de *Tetraclinis articulata* récoltées dans différentes régions d'Algérie variaient entre 0,03 et 0,86 %. Nos résultats concernant les feuilles sont comparables à ceux rapportés par ces auteurs, tandis que ceux obtenus pour les tiges demeurent relativement faibles.

Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment les conditions climatiques, les caractéristiques géographiques des sites de récolte, ainsi que la période de prélèvement, qui influencent fortement le rendement en huile essentielle.

IV.3. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

IV.3.1. Technique de l'aromatogramme (Méthode de Vincent)

Avant l'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles, les témoins négatif et positif ont été vérifiés afin de valider les conditions expérimentales. Les résultats obtenus sont présentés dans le **(tableau n°9, Annexe n°3)**.

L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *T. articulata* par la méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé a permis d'obtenir les résultats présentés dans le **(tableau n°9)** illustrés par la **(figure n°18)**. Les résultats obtenus montrent une résistance complète chez *Pseudomonas aeruginosa* et *Moraxella catarrhalis*. En revanche, *Staphylococcus aureus* et le streptocoque β -hémolytique ont présenté une sensibilité variable vis-à-vis des huiles essentielles utilisées.

N.B : Les résultats sont également illustrés en figures dans l'**(annexe n°4)**.

Tableau n°9 : Résultats de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* et des témoins (positif et négatif) exprimés par le diamètre des zones d'inhibition (mm)

Souche	Huile essentielle				Témoin	
	Feuille fraîche	Feuille sèche	Tige fraîche	Tige sèche	Négatif avec disque vierge stérile	Positif avec AZM

<i>Staphylococcus aureus</i>	10,73±1,61	12,73±1,61	17,26±2,18	11,40±0,80	abs	12
<i>Streptococcus</i> β-hémolytique	10,91±2,46	11,91± 2	16,87±2,11	13,49±2,71	abs	15
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	abs	abs	abs	abs	abs	17
<i>Moraxella catarrhalis</i>	abs	abs	abs	abs	abs	11

NB : L'abréviation « **abs** » correspond au diamètre du disque en papier stérile (absence de zone d'inhibition), ce qui indique une résistance totale de la souche bactérienne

Toutes les valeurs des zones d'inhibition sont exprimées en moyenne de trois répétitions ± écart-type, en millimètres.

Les huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* ont montré une activité antibactérienne vis-à-vis des deux souches *Staphylococcus aureus* et streptocoque β-hémolytique. En revanche, aucune activité inhibitrice n'a été observée contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Moraxella catarrhalis*.

Les huiles essentielles extraites des tiges fraîches ont présenté une activité antibactérienne plus importante que celles obtenues à partir des tiges sèches, ce qui pourrait être expliqué par la volatilisation de certains composés actifs lors du séchage.

Par ailleurs, les huiles essentielles issues des feuilles fraîches et des feuilles sèches ont montré une activité relativement similaire vis-à-vis des deux souches bactériennes étudiées (*Staphylococcus aureus* et streptocoque β-hémolytique).

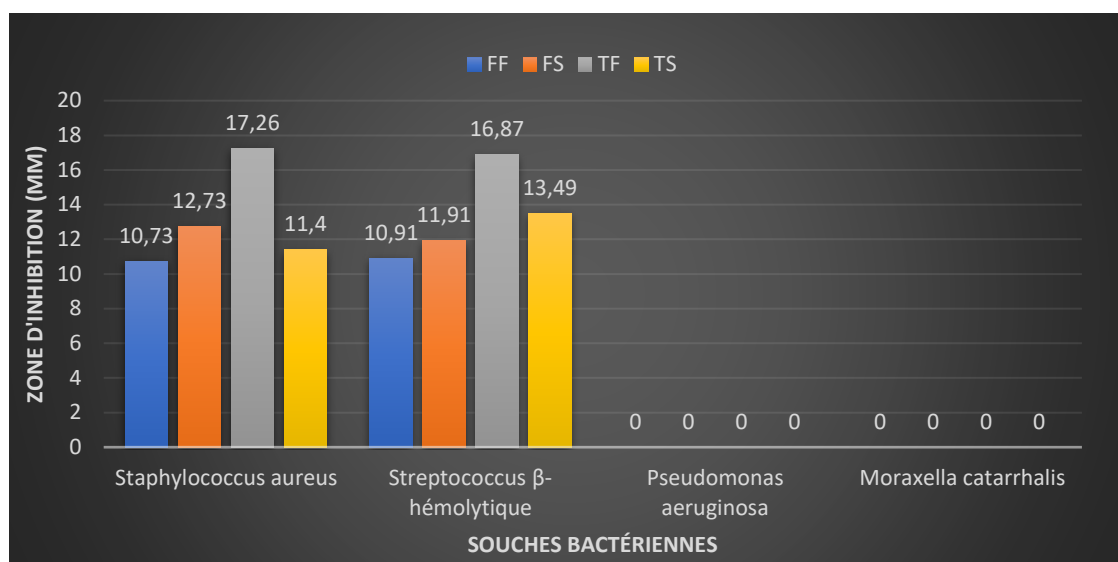


Figure n°18 : Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *T. articulata* sur les souches bactériennes testées par la méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé

Des travaux expérimentaux ont montré que l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* possède une activité antibactérienne importante contre une large gamme de micro-organismes (**Halima Rabib *et al.*, 2020**), ce qui est en accord avec les résultats obtenus dans notre étude. D'autres travaux ont également rapporté une sensibilité de *Pseudomonas aeruginosa* à l'huile essentielle, mais à des concentrations très élevées de 50 µg/mL (**Boussaid *et al.*, 2022**).

IV.3.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrice (CMI), bactéricide (CMB)

La détermination de la CMI et de la CMB a été effectuée uniquement sur les bactéries sensibles aux huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* lors du test d'aromatogramme. Les résultats obtenus sont présentés dans les (**tableaux n°10 et n°11, figures n°19 , n°20, n°21 et n°22**).

Tableau n°10 : Valeurs des paramètres antibactériens des huiles essentielles sur le streptocoque bêta-hémolytique, exprimées en µl/ml.

streptocoque bêta-hémolytique				
Huile essentielle	CMI	CMB	CMB/CMI	Activité
F.F	1	1	1	Bactéricide
F.S	0.12	0.12	1	Bactéricide
T.F	0.5	0.5	1	Bactéricide
T.S	1	1	1	Bactéricide

F.F : Feuille fraîche / F.S : Feuille sèche / T.F : Tige fraîche / T.S : Tige sèche

Les huiles essentielles ont été testées pour leur activité antibactérienne vis-à-vis de *Streptococcus* bêta-hémolytique. Les valeurs de la CMI ont varié entre 0,12 µl/ml et 1 µl/ml. Les mêmes valeurs ont été obtenues pour la CMB.

La sensibilité la plus élevée a été observée avec l'huile essentielle des feuilles séchées, pour laquelle les plus faibles valeurs de CMI et de CMB enregistrées étaient de 0,12 µl/ml.

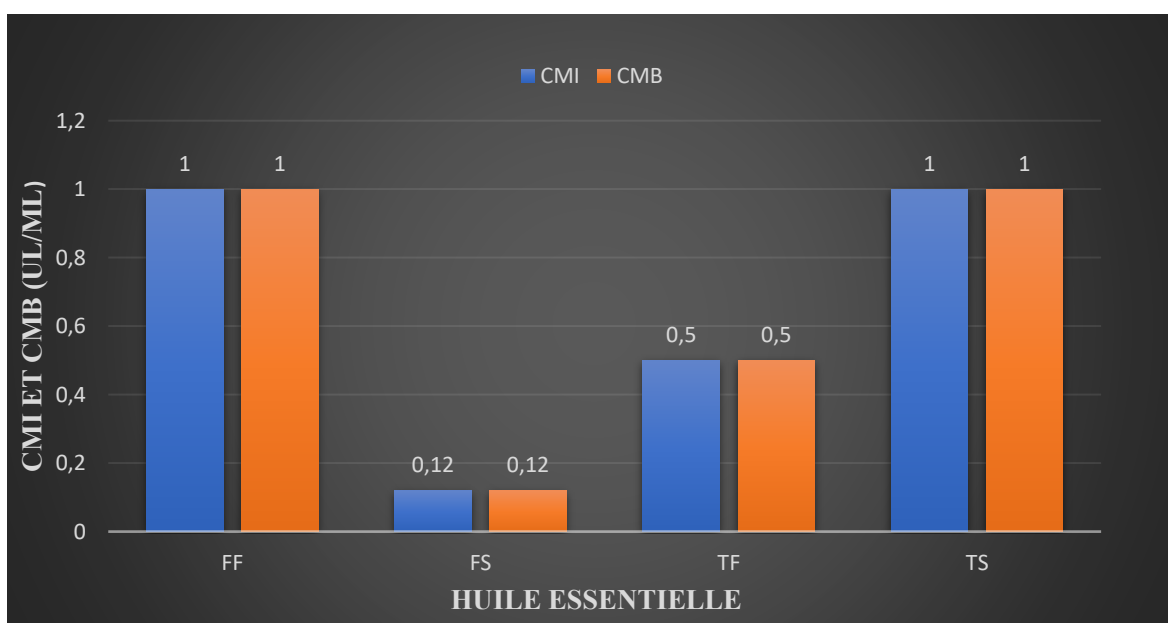


Figure n°19 : Valeurs des paramètres antibactériens (CMI et CMB) du *Streptococcus* bêta-hémolytique vis -à-vis des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata*

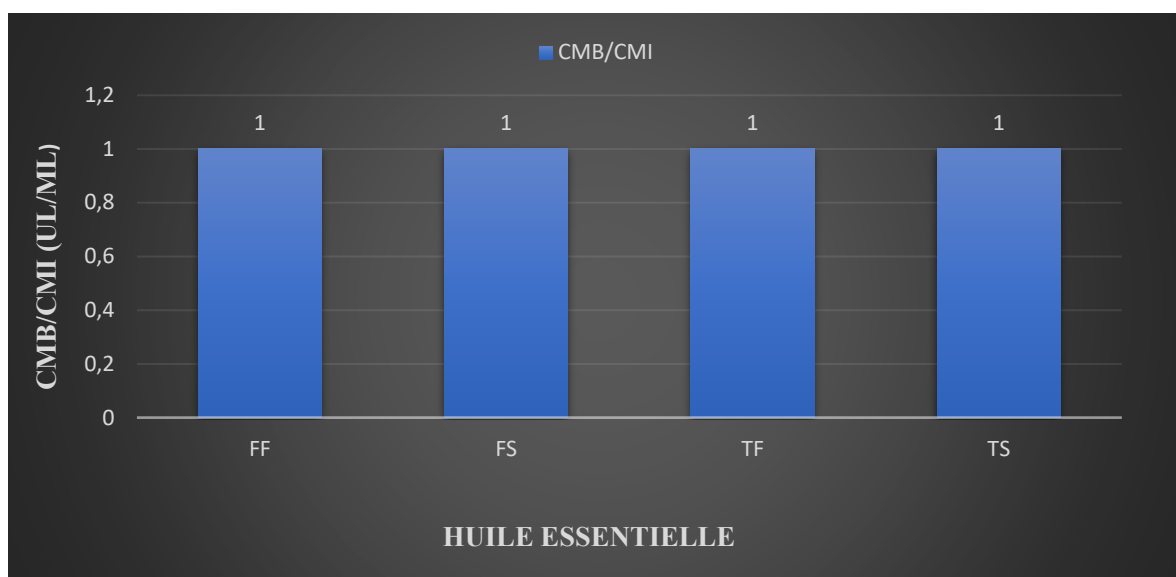


Figure n°20 : Évaluation des rapports CMB/CMI des différentes huiles essentielles de *Tetralinis articulata* vis-à-vis de *Streptococcus* bêta-hémolytique

En revanche, les valeurs les plus élevées de CMI et de CMB ont été obtenues avec les huiles essentielles des feuilles fraîches et des tiges séchées, atteignant 1 µl/ml.

Par ailleurs, le rapport CMB/CMI était égal à 1 pour toutes les huiles essentielles testées, ce qui traduit une activité bactéricide vis-à-vis de *Streptococcus* bêta-hémolytique.

Tableau n°11 : Valeurs des paramètres antibactériens des huiles essentielles sur *Staphylococcus aureus*, exprimées en µl/ml.

<i>Staphylococcus aureus</i>				
Huile essentielle	CMI	CMB	CMB/CMI	Activité
F.F	1	1	1	Bactéricide
F.S	0.5	0.5	1	Bactéricide
T.F	0.5	0.5	1	Bactéricide
T.S	1	1	1	Bactéricide

F.F : Feuille fraîche / F.S : Feuille sèche / T.F : Tige fraîche / T.S : Tige sèche

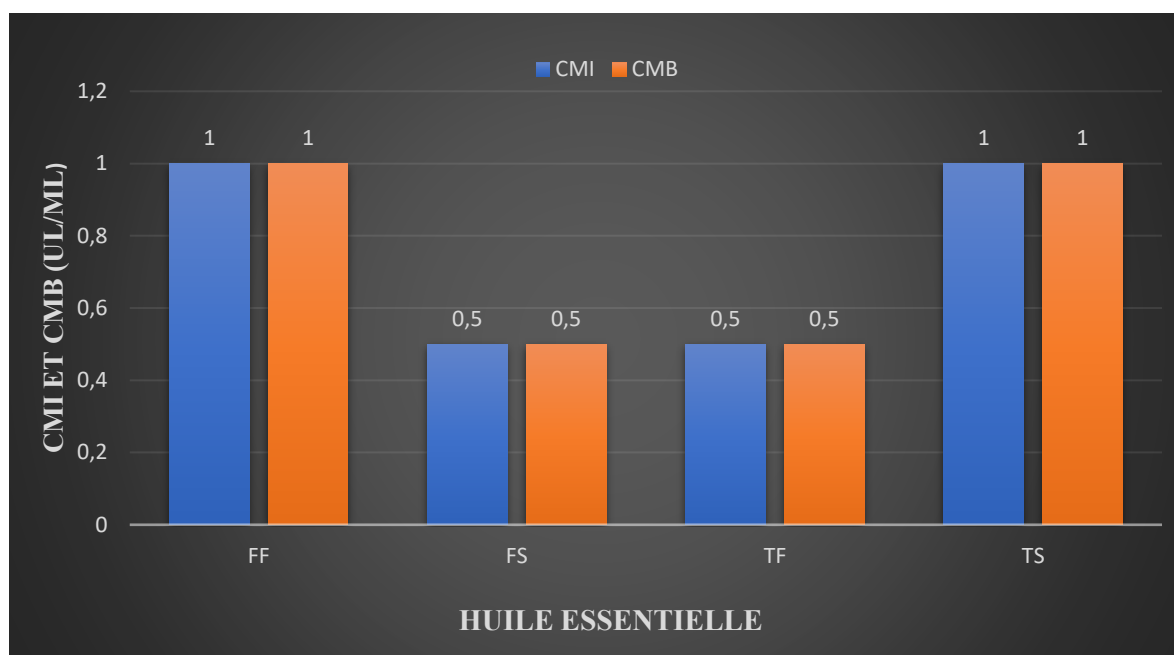


Figure n°21 : Valeurs des paramètres antibactériens (CMI et CMB) du *Staphylococcus aureus* vis-à-vis des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata*

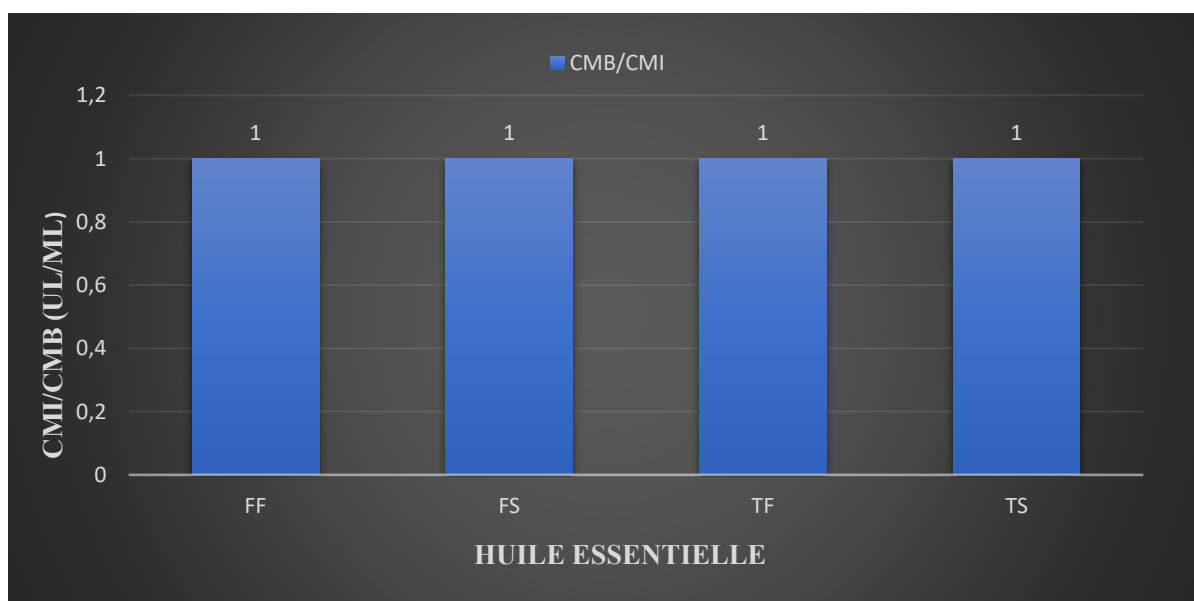


Figure n°22 : Évaluation des rapports CMB/CMI des différentes huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*

Avec *Staphylococcus aureus*, des observations similaires à celles enregistrées pour *Streptococcus* bêta-hémolytique ont été observées. Les plus faibles valeurs de CMI et de CMB ont été obtenues avec les huiles essentielles des feuilles sèches et des tiges fraîches, atteignant respectivement 0,5 µl/ml et 0,5 µl/mL

Selon Marmonier (1990), lorsqu'une substance antibactérienne présente un rapport CMB/CMI inférieur ou égal à 4, elle est considérée comme bactéricide ; en revanche, lorsque ce rapport est supérieur à 4, elle est qualifiée de bactériostatique.

D'après les résultats présentés dans les (tableaux 10 et 11), les huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* présentent une activité bactéricide vis-à-vis des souches bactériennes testées.

Les deux bactéries sensibles aux huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* sont des bactéries à Gram positif. Selon Kalemba et Kunicka (2003), la majorité des bactéries à Gram positif présentent une sensibilité élevée aux huiles essentielles.

Cette sensibilité peut être attribuée à la structure de leur paroi cellulaire, qui ne possède pas de membrane externe. En revanche, les bactéries à Gram négatif disposent d'une membrane externe riche en lipopolysaccharides, laquelle constitue une barrière naturelle limitant la pénétration des substances toxiques, notamment des huiles essentielles (Trombetta *et al.*, 2005).

IV.4. Activité insecticide des huiles essentielles

Tableau n°12 : Taux de mortalité de l'activité insecticide de *Tetraclinis articulata* sur les cochenilles

Huile essentielle	Nbr d'insectes témoins morts	Nbr d' insectes testés morts	Taux de mortalité global en %
F. F	0	05	100
F. S	0	05	100
T. F	0	05	100
T. S	0	05	100

F.F : Feuille fraîche/**F.S** : Feuille sèche/**T.F** : Tige fraîche/**T.S** : Tige sèche

Selon les résultats obtenus, l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* possède une bonne activité insecticide contre les cochenilles, avec un contact direct sur les insectes, atteignant un taux de mortalité de 100 % pour toutes les parties de *Tetraclinis articulata* (Annexe n°5). Cette efficacité pourrait être attribuée à ses composés phénoliques. Même en présence de la couche blanche, considérée comme un moyen de

protection chez les cochenilles, une disparition considérable de cette couche a été observée (**Annexe n°6**).

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans d'autres travaux, ce qui confirme nos observations. En effet, une étude publiée en 2022 par (**Sadiki *et al.*, 2018**) a montré une activité insecticide importante de *Tetraclinis articulata* sur des insectes phytophages, notamment les cochenilles. Par ailleurs, (**Khatib *et al.*, 2022**), dans une revue, ont mis en évidence l'efficacité de *Tetraclinis articulata* sur les insectes. Le taux d'efficacité élevé serait dû à ses composés chimiques capables d'affecter le système nerveux des insectes.

IV.5. Analyse rétrospective de la résistance bactérienne aux antibiotiques à l'EPH Mesra et à l'EPH Aïn Tedles (Mostaganem) de 2023 à 2025

Les résultats obtenus montrent une variation de la résistance bactérienne aux antibiotiques durant les années 2023, 2024 et 2025 au niveau des établissements hospitaliers d'Aïn Tedles et de Mesra. Les (**figures n°23 et 24**) suivantes illustrent l'évolution des antibiotiques résistants enregistrés au cours de cette période.

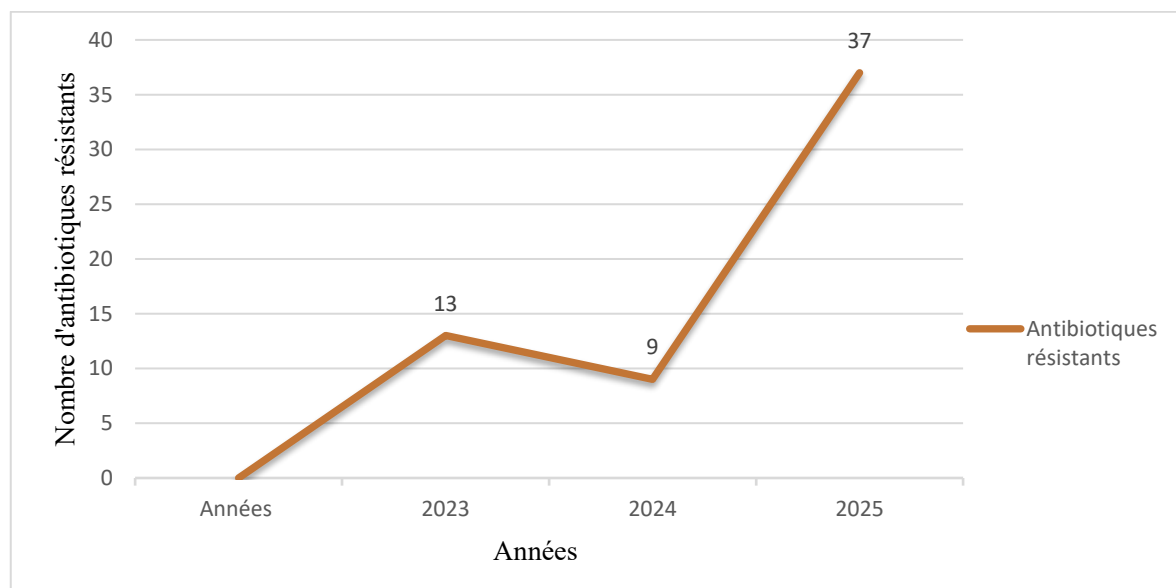


Figure n°23 : Distribution des antibiotiques résistants durant les années 2023-2024-2025 à l'EPH d'Aïn Tedles

Les résultats obtenus à l'EPH d'Aïn Tedles montrent une augmentation importante de la résistance bactérienne aux antibiotiques en 2025 par rapport aux années 2023 et 2024. Une légère diminution a été observée en 2024 avant une forte augmentation en 2025. Cette évolution pourrait être liée à l'utilisation fréquente et parfois inappropriée des antibiotiques.

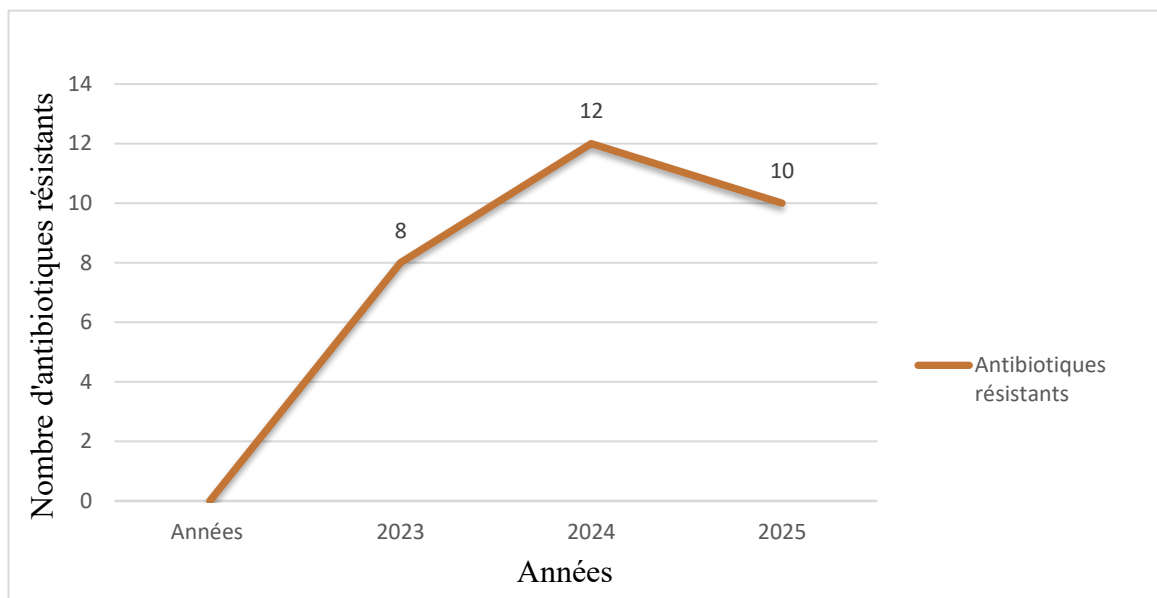


Figure n°24 : Distribution des antibiotiques résistants durant les années 2023-2024-2025 à l'EPH de Mesra

Les résultats enregistrés au niveau de l'EPH de Mesra montrent une augmentation progressive de la résistance bactérienne entre 2023 et 2024, suivie d'une légère diminution en 2025. Malgré cette diminution, le niveau de résistance reste relativement élevé.

Tableau n°13 : Pourcentage des antibiotiques résistants

	Abréviation	Total	% de résistance
Amoxicilline	AMX	44	49.43 %
Céfazoline	CZ	21	23.59 %
Gentamicine	GEN	15	16.85 %
Ampicilline	AM	12	13.48 %
Ciprofloxacine	CIP	07	7.86 %
Amoxiciline avec acide clavulanique	AMC	03	3.37 %

Le tableau n° 13 présente les pourcentages globaux de résistance des antibiotiques étudiés. Les résultats montrent que l'amoxicilline représente l'antibiotique le plus résistant avec un taux de 49,43 %, suivie de la céfazoline (23,59 %), de la gentamicine (16,85 %), de l'ampicilline (13,48 %) et de la ciprofloxacine (7,86 %). En revanche, l'amoxicilline associée à l'acide clavulanique présente le taux de résistance le plus faible avec (3,37 %).

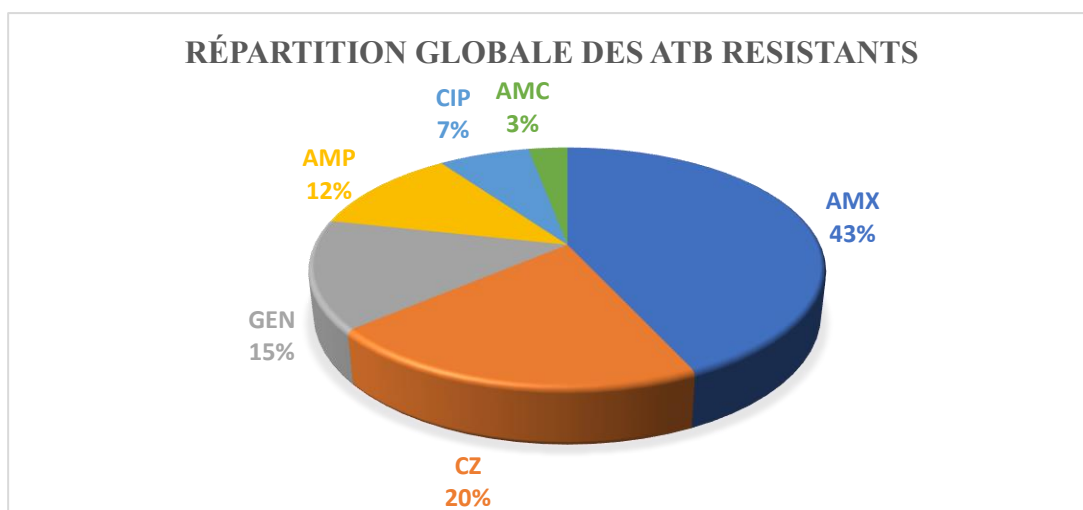


Figure n°25 : Répartition globale des antibiotiques résistants

La figure n°25 représente la répartition globale des antibiotiques résistants au sein de la population étudiée. Les résultats montrent que l'amoxicilline occupe la proportion la plus importante des résistances observées, tandis que l'amoxicilline associée à l'acide clavulanique présente la proportion la plus faible. Cette faible résistance pourrait être expliquée par l'action inhibitrice de l'acide clavulanique, qui protège l'amoxicilline contre certaines enzymes bactériennes responsables de la résistance bactérienne.

Des travaux rétrospectifs ont été réalisés en Algérie afin d'évaluer le taux de multirésistance bactérienne. **Benzaid et al. (2022)** ont mené une étude au niveau du CHU d'Annaba (Algérie). Les résultats ont montré une multirésistance chez une population bactérienne vis-à-vis de plusieurs types d'antibiotiques, notamment l'ampicilline, avec un taux de résistance atteignant 81,81 %.

Une autre étude portant sur 1 334 patients a révélé un taux de résistance de *Escherichia coli* de 70 % (**Bentroki et al., 2012**).

Conclusion

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la valorisation de la flore algérienne, plus précisément de *Tetraclinis articulata*, prélevé dans la forêt de Chegga à Mostaganem.

Le criblage phytochimique des feuilles et des tiges de *Tetraclinis articulata* a mis en évidence la présence de plusieurs métabolites secondaires, essentiellement des composés phénoliques et des tanins. Ces composés sont connus pour leurs propriétés biologiques, pouvant être exploitées en médecine traditionnelle.

L'extraction des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* par entraînement à la vapeur d'eau a permis d'obtenir des rendements différents selon l'organe végétal et son état de conservation : 0,095 % pour les feuilles fraîches, 0,29 % pour les feuilles sèches, 0,041 % pour les tiges fraîches et 0,096 % pour les tiges sèches.

L'évaluation de l'activité antibactérienne a permis de mettre en évidence, par la méthode de l'aromatogramme, l'effet des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* sur deux souches cliniques multirésistantes : *Streptococcus* β -hémolytique et *Staphylococcus aureus*. L'huile essentielle la plus active a été obtenue à partir des tiges fraîches, avec des zones d'inhibition comprises entre 16,87 mm et 17,26 mm pour les deux souches.

Cependant, aucune activité n'a été observée sur les souches multirésistantes de *Pseudomonas aeruginosa* et *Moraxella catarrhalis*.

La méthode de microdilution en milieu liquide a permis de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI), avec des valeurs variant de 0,12 μ l/ml à 1 μ l/ml, ainsi que les concentrations minimales bactéricides (CMB) de 1 μ l/ml pour toutes les bactéries testées.

La recherche a également mis en évidence une activité insecticide avec un taux de mortalité de 100 % chez les cochenilles.

Ce travail a permis d'obtenir des résultats préliminaires intéressants. Il serait toutefois utile d'approfondir cette étude par :

- l'utilisation d'autres méthodes d'extraction afin d'améliorer le rendement ;
- l'ajustement des concentrations des huiles essentielles afin de déterminer précisément la valeur de P ;

- la détermination quantitative des différents composants chimiques ;
- l'étude de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* ;
- l'évaluation du pouvoir antioxydant de cette huile essentielle.

Références bibliographiques



- Abbott W. S., 1925** - The value of the dry substitutes for liquid lime, *Journal of Economic Entomology*, 18, 265–267.
- Abdelli W., Sysak A., Bahri F., Szumny A., Pawlak A. and Obmińska-Mrukowicz B., 2019** - Chemical composition, antimicrobial and cytotoxic activity of essential oils of Algerian *Thymus vulgaris* L., *Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research*, 76, 1051–1059.
- Adedeji W.A., 2016** - *The treasure called antibiotics*, *Annals of Ibadan Postgraduate Medicine*, 14, 56–57
- Adepoju, V.A., Abdulrahim, A., Gulumbe, B.H., 2025** - From declarations to accountability: Nigeria 2026 and the global fight against antimicrobial resistance, *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 14, 138.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1986** - *Recueil des normes françaises "huiles essentielles"*, AFNOR, Paris, 57p.
- Albouchi F., Bouhachem S., Haddi K., Chaieb I. and Mohammed A., 2018** - Aphidicidal activities of *Melaleuca styphelioides* Sm. essential oils on three citrus aphids: *Aphis gossypii* Glover, *Aphis spiraecola* Patch and *Myzus persicae* Sulzer, *South African Journal of Botany*, 117, 149–154.
- Amraoui A., Bahri F., Wanner J., 2022** - Chemical Composition, Anti-inflammatory and Antimicrobial Activity of Algerian *Ammi Visnaga* Essential Oil, *Plant Archives*, 22, 249–254.
- Ayache F., 2007** - Les résineux dans la région de Tlemcen (aspect écologique et cartographie), Mémoire de Magister en Écologie Végétale, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 223 p.
- Bahloul A., Nabti B. and Boukhalfa D., 2026** - Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante, anti-inflammatoire et antimicrobienne de la propolis, *Journal Algérien de Pharmacie*, 6, 22–32.
- Bahri F., Romane A., Höferl M., Wanner J., Schmidt E. and Jirovetz L., 2016** -Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of Algerian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, *Journal of Essential Oil Research*, 28, 42–48.
- Bahri, F., Szumny, A., Figiel, A., Bahri, Y., Włoch, A., Bażanów, B., Chwirot, A., Gębarowski, T., Bugno, P., Bahri, E.M. & Benabdeloued, R.N., 2025** - *Chemical Composition, Biological Activity, and In Vivo Toxicity of Essential Oils Extracted from Mixtures of Plants and Spices*, *Molecules*, 30, 4579.
- Abbott W.S., 1925** - A method of computing the effectiveness of an insecticide, *Journal of Economic Entomology*, 18, 265–267.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008** - Biological effects of essential oils, *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446–475.

- Baptista-Silva S., Borges S., Ramos O.L., Pintado M., Sarmiento B., 2020** - The progress of essential oils as potential therapeutic agents: a review, *Journal of Essential Oil Research*, 32, 279–295.
- Baser K.H.C., Buchbauer G., 2010** - Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications, CRC Press, Boca Raton, New York, 994p.
- Belaqziz R., Bahri F., Romane A., Antoniotti S., Fernandez X., Duñach E., 2013** - Essential oil composition and antibacterial activity of the different parts of *Thymus maroccanus* Ball: an endemic species in Morocco, *Natural Product Research*, 27, 1608–1614.
- Ben Jaballah N., Bouziri A., Mnif K. et al., 2006** - Épidémiologie des infections nosocomiales en milieu de réanimation pédiatrique, *Archives de Pédiatrie*, 13, 1312–1318.
- Benkarouba B.E.B., Cheriguène A. and Benkhelifa M., 2017** - Diagnostic de la qualité des eaux phréatiques dans le plateau de Mostaganem, *SAGREN*, 1, 55–65.
- Benoutman A. ; Erbiai E.H. ; Ettakifi H. ; Legssyer M. ; Handaq N. ; Makrane H. ; Saidi R. ; Lamrani Z. ; Pintado M. ; Pinto E. ; Esteves da Silva J.C.G. and Maouni A., 2024** - Phytochemical analysis, antioxidant, antifungal activity, and genotoxicity of essential oil and solvent extracts of *Tetraclinis articulata* leaves from Northern Morocco, *Letters in Applied NanoBioScience*, 13, 1-19.
- Bentroki A.A., Gouri A., Yakhlef A., Touaref A., Gueroudj A., Bensouilah T., 2012** - Résistance aux antibiotiques de souches isolées d'infections urinaires communautaires entre 2007 et 2011 à Guelma (Algérie), *Annales de Biologie Clinique*, 70, 666–668.
- Benzaid C., Tichati L., Rouabhia M., Dahdouh S.A., 2022** - Prévalence des infections nosocomiales d'origine microbienne au service de réanimation du Centre hospitalo-universitaire de Annaba (Algérie), *Annales de Biologie Clinique*, 80, 527–536.
- Bertrand X., Costa Y., Pina P. et al., 2005** - Surveillance de la résistance bactérienne aux antibiotiques : données des réseaux français, *Médecine et Maladies Infectieuses*, 35, 329–334.
- Blaskovich M.A.T., Cooper M.A., 2025** – Antibiotics re-booted—time to kick back against drug resistance, *npj Antimicrobials and Resistance*, 3, 47.
- Bourkhiss M., 2017** - Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata* Vahl Masters) : aperçu taxonomique, phytogéographique et écologique, *Le Journal de Botanique*, 69–71.
- Boussaid M., Bekhechi C., Beddou F., Sari D. C., Bighelli A., Casanova J. and Tomi F., 2015** - Chemical variability of the essential oil isolated from aerial parts of *Tetraclinis articulata* from North-Western Algeria, *Natural Product Communications*, 10, 1447–1452.
- Boussaïd M., Bekhechi C., Tomi P., Tomi F., 2022** - Annual variation in essential oil yield and composition from leaves of *Tetraclinis articulata* in Northwestern Algeria (Aïn

- Kebira, Tlemcen Province), *Journal of Natural Product Research and Applications*, 2, 30–37.
- Boussaïd M., Tomi F., Bekhechi C. and Tomi P., 2022** - Antimicrobial activity of *Tetraclinis articulata* aerial parts essential oil from Tlemcen, Northwestern Algeria, *Journal of Natural Product Research and Applications*, 1, 29–40.
- Boz I., Burzo I., Zamfirache M.M., Toma C., Padurariu C., 2009** - Glandular trichomes and essential oil composition of *Thymus pannonicus* All. (Lamiaceae), *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, 36–39.
- Bruneton J., 1999** - *Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales*, 3ème édition, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 1120p.
- Carlet J., Collignon P., Goldmann D. et al., 2004** - Society's failure to protect a precious resource: antibiotics, *The Lancet*, 364, 1235–1237.
- Chassagne F., Samarakoon T., Porras G., Lyles J.T., Dettweiler M., Marquez L., Salam A.M., Shabih S., Farrokhi D.R., Quave C.L., 2021** - A systematic review of plants with antibacterial activities: a taxonomic and phylogenetic perspective, *Frontiers in Pharmacology*, 11, 586548.
- Dar R.A., Shahnawaz M., Qazi P.H., 2017** - General overview of medicinal plants: A review, *Journal of Phytopharmacology*, 6, 349–351.
- Davies J., Davies D., 2010** - Origins and evolution of antibiotic resistance, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 74, 417–433.
- Degryse A.C., Delpla I., Voinier M.A., 2008** - Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles, Rapport scientifique, Atelier santé environnement, IGS-EHESP, 87p.
- Demoré B., Grare M., Duval R.E., 2012** - Généralités sur les antibiotiques par voie systémique et principes d'utilisation, In : *Pharmacie clinique et thérapeutique*, Elsevier Masson, Paris, 801–844.
- Dibong S.D., Mpondo Mpondo E., Ngoye A., Kwin M.F., Betti J.L., 2011** - Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala (Cameroun), *Journal of Applied Biosciences*, 2496–2507.
- Djouahri A., 2013** - Étude phytochimique du *Tetraclinis articulata* algérien et valorisation des activités biologiques des extraits, Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 223p.
- Doublet B., Bousquet-Mélou A., Madec J.Y., 2012** - Le concept « One Health » en antibiorésistance et les flux de gènes, *Innovations Agronomiques*, 79–90.
- Ebrahimi M. ; Safaralizade M. H. ; Valizadegan O. and Amin B. H. H., 2013** - Efficacy of three plant essential oils, *Azadirachta indica* (Adr. Juss.), *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) and *Laurus nobilis* (L.) on mortality cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hem: Aphididae), *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46, 1093-1101.

- El Mechri O., Belgherbi B., Benaradj A., Berkane I., 2024** - Spatial distribution of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. formations in north-western Algeria, *Biodiversity Research and Conservation*, 74, 43–52.
- El Moussaouiti M., Talbaoui A., Gmouh S., Aberchane M., Benjouad A., Bakri Y., Kamdem D.P., 2010** - Chemical composition and bactericidal evaluation of essential oil of *Tetraclinis articulata* burl wood from Morocco, *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 2, 7, 14–18.
- Eslahi H., Fahimi N., Sardarian A.R., 2017** - Chemical composition of essential oils, In : *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications*, Elsevier, 119–171.
- Farjon A., 2005** - A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys, Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 643p.
- Farjon A., 2018** - The Kew Review: Conifers of the World, *Kew Bulletin*, 73, 1–16.
- Fillatre Y., 2011** - Produits phytosanitaires : développement d'une méthode d'analyse multi-résidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem, Thèse de doctorat, Université d'Angers, Angers, France, 288p.
- Franz C., Novak J., 2010** - Sources of essential oils, In : *Essential Oils: Science, Technology, and Applications*, CRC Press, Boca Raton, London, New York, 39–81.
- González Mera I.F., González Falconí D.E., Morera Córdova V., 2019** - Secondary metabolites in plants: main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities, *Revista Bionatura*, 4, 1000–1009.
- Guignard J.L., et Dupont F., 2004** : Botanique : Systématique moléculaire, 13 ème éd. Ed. Masson, Paris. 237 p.
- Haddouchi F., Lazouni H.A., Meziane A. and Benmansour A., 2009** - Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut, *Afrique Science*, 5, 246-259p.
- Hadjadj K., Letreuch Belarouci A., 2017** - Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.], *Geo-Eco-Trop*, 41, 13–27.
- Hernandez Ochoa L.R., 2005** - Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné « solvant/actif » d'origine végétale, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, France, 226p.
- Hutchings M., Truman A. and Wilkinson B., 2019** -Antibiotics: past, present and future, *Current Opinion in Microbiology*, 51, 72-80.
- ISO, 2021** - ISO 9235: Aromatic natural raw materials — Vocabulary, International Organization for Standardization.

- Jouault S., 2012** - La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité, Thèse de doctorat, Université de Lorraine, Lorraine, France, 146p.
- Kalemba D., Kunicka A., 2003** - Antibacterial and antifungal properties of essential oils, *Current Medicinal Chemistry*, 10, 813–829.
- Kerimoglu E., Catak T., Kilinc A., 2025** - Evaluation of infections caused by carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* in an intensive care unit: A retrospective study, *Antibiotics*, 14, 700.
- Khatib S., Mahdi I., Drissi B., Fahsi N., Bouissane L. and Sobeh M., 2024** - *Tetralinis articulata* (Vahl) Mast.: Volatile constituents, antioxidant, antidiabetic and wound healing activities of its essential oil, *Heliyon*, 10, 3.
- Khatib S., Oualcadi S., El Amrani M. and Bousta D., 2022** - *Tetralinis articulata* (Vahl) Masters: An insight into its ethnobotany, phytochemistry, toxicity, biocide and therapeutic merits, *Frontiers in Pharmacology*, 13, 961338.
- Kouadio F.K., Guessennd N.K., Karamoko O., Bahi C., Adama C. and Dosso M., 2013** - Action antibactérienne de l'extrait éthanolique 70% de *Clerodendrum splendens* (G. Don) (Verbenaceae) sur des souches bactériennes isolées de selles chez des enfants diarrhéiques, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7, 1332–1337.
- Krakovska-Sieprawska A., Kielbasa A., Rafińska K., Ligor M. and Buszewski B., 2022** - Modern methods of pre-treatment of plant material for the extraction of bioactive compounds, *Molecules*, 27, 730.
- Lahsissene H., Kahouadji A., Tijane M., Hseini S., 2009** - Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc occidental), *Lejeunia*, 186, 1–26.
- Lucchesi M.I., Chemat F. and Smadja J., 2004** - Original solvent free microwave extraction of essential oils from spices, *Journal of Chromatography A*, 1043.
- Magiorakos A.P., Srinivasan A., Carey R.B., Carmeli Y., Falagas M.E., Giske C.G., Harbarth S., Hindler J.F., Kahlmeter G., Olsson-Liljequist B., Paterson D.L., Rice L.B., Stelling J., Struelens M.J., Vatopoulos A., Weber J.T., Monnet D.L., 2011** - Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions, *Clinical Microbiology and Infection*, 18, 268–281.
- Mao K., Milne R.I., Zhang L., Peng Y., Liu J., Thomas P., Mill R.R., Renner S.S., 2012** - Distribution of living Cupressaceae reflects the breakup of Pangea, *PNAS*, 109, 7793–7798.
- Marmonier A.A., 1990** - Introduction aux techniques d'étude des antibiotiques, In : *Bactériologie Médicale, Techniques Usuelles*, Doin, Paris, 227–236.
- Mechergui K., Hayat U., Ahmad M.H., Alamri S.M., Alamery E.R., Fageih K.Y., Aldubehi M.A., Jaouadi W., 2025** - Forecasting the impact of climate change on

- Tetraclinis articulata* distribution in the Mediterranean using MaxEnt and GIS-based analysis, *Forests*, 16, 1600.
- Mendel Z. ; Protasov Z. A. ; Vanegas-Rico J. M. ; Lomeli-Flores J. R. ; Suma P. and Rodríguez-Leyva E., 2020** - Classical and fortuitous biological control of the prickly pear cochineal, *Dactylopius opuntiae*, in Israel, *Biological Control*, 142, 104157.
- Munita J.M., Arias C.A., 2016** - Mechanisms of antibiotic resistance, In : Virulence mechanisms of bacterial pathogens, American Society for Microbiology, 481–511.
- Naganuma A., Oda-Urano N., Tanaka T., Imura N., 1988** - Possible role of hepatic glutathione in transport of methylmercury into mouse kidney, *Biochemical Pharmacology*, volume 37, 291–296.
- Nauciel C., Vildé J.-L., 2005** - Bactériologie médicale : Abrégés, 2ème édition, Elsevier Masson, Paris, 257p.
- NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards), 1997** - *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests: Approved standard M2-A7*, National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, PA, USA.
- Nobel Prize Outreach AB, 2026** - Ernst B. Chain – Facts, disponible sur : <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1945/chain/facts/>, consulté le : 16 avril 2026.
- Nobel Prize Outreach AB, 2026** - Howard Florey – Facts, disponible sur : <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1945/florey/facts/>, consulté le : 16 avril 2026.
- Nobel Prize Outreach AB, 2026** - Sir Alexander Fleming – Facts, disponible sur : <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1945/fleming/facts/>, consulté le : 16 avril 2026.
- Ohashi T., Miyazawa Y., Ishizaki S., Kurobayashi Y. and Saito T., 2019** - Identification of odor-active trace compounds in blooming flower of *Rosa damascena*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 7410–7415.
- Okou O.C., Kra A.K.M., Zirihi G.N., Dosso M. and Guede G.F., 2006** - Activité antibactérienne des extraits de *Mitracarpus scaber* sur la croissance in vitro des streptocoques B hémolytiques, *J. Sci. Pharm. Biol.*, 7, 17-27.
- Ouguerti N., Bahri F., Bouyahyaoui A. and Wanner J., 2021** - Chemical characterization and bioactivities assessment of *Artemisia herba-alba* Asso essential oil from South-western Algeria, *Natural Volatiles & Essential Oils*, 8, 27–36.
- Oussou K.R., Kanko C., Guessend N., Yolou S., Dosso M., N'Guessan Y.T., Koukoua G., 2004** - Activités antibactériennes des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire, *Comptes Rendus Chimie*, 7, 1081–1086.

- Pibiri M.C., 2006** - *Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles*, Thèse de Doctorat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suisse, 177p.
- Ponce A.G., Fritz R., Del Valle C. and Roura S.I., 2003** - Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard, *LWT - Food Science and Technology*, 36, 679–684.
- Rabib H., Elagdi C., Hsaine M., Fougrach H., Koussa T. and Badri W., 2020** - Antioxidant and antibacterial activities of the essential oil of Moroccan *Tetralinis articulata* (Vahl) Masters, *Biochemistry Research International*, 2020, 1-8.
- Rasooli I. ; Rezaei M.B. ; Allameh A., 2006** - Ultrstructural studies on antimicrobial efficacy of thym essential oil on *Listeria monocytogenes*, *International Journal of Infectious Diseases*, 10, 24, 23-66.
- Romane A., Harrak R., Bahri F., 2012** - Use Thyme Essential Oils for the Prevention of Salmonellosis, In : *Salmonella – A Dangerous Foodborne Pathogen*, InTech, Londres, 305–328.
- Saber M., El Menyiy N., Charfi S., Naceiri Mrabti H., Belmehdi O., El Moudden H., Taha D., El Omari N., Balahbib A., Zengin G., Bakha M., Tabyaoui M., Harhar H., Gallo M., Montesano D., Bouyahya A., 2022** - Comprehensive overview on nutritional, phytochemistry and pharmacological properties of *Tetralinis articulata* Masters, *Food Reviews International*, 38, 1583–1605.
- Sadiki F. Z., El Idrissi M., Sbiti M., Lemrhari A., Trifan A., Cioanca O., Postu P. A. and Hritcu L., 2018** - Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Tetralinis articulata* (Vahl) Masters branches of eastern Morocco, *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 5, 1–11.
- Sajerli B., Sarkadi-Nagy Á., Burián K., Orosz L., 2026** - Two decades of ESKAPE pathogens: Longitudinal analysis of antibiotic resistance trends between 2002 and 2024 in a Hungarian clinical centre, *Epidemiology and Infection*, 154, 1–13.
- Salam M.A., Al-Amin M.Y., Salam M.T., Pawar J.S., Akhter N., Rabaan A.A., Alqumber M.A., 2023** - Antimicrobial resistance: a growing serious threat for global public health, *Healthcare*, 11, 1946.
- Senatore F., 1996** - Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of *Thymus pulegioides* L. growing wild in Campania (Southern Italy), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1327–1332.
- Sharma, M., Boora, S., Yadav, S., Kadian, S., Soniya, K., Rani, P., Kaushik, S., Singh, J., 2026** - Current global challenges and innovative strategies to combat antimicrobial resistance, *Discover Public Health*, 23, 452.
- Singh S.B., Barrett J.F., 2006** - Empirical antibacterial drug discovery: foundation in natural products, *Biochemical Pharmacology*, 71, 1006–1015.

- Singh V.P., 2006** - Gymnosperm (naked seeds plant), Sarup & Sons, India, 694p
- Skandamis P.N. and Nychas G.J., 2001** - Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres, *Journal of Applied Microbiology*, 91, 1011-1022.
- Sliti S., Salah N.B., Selmi S., Al-Qurainy F. and Msaada K., 2015** - Leaf essential oils chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus rudis* from Tunisia, *Industrial Crops and Products*, 77, 670–679.
- Small E., Catling P.M., 2000** - Les cultures médicinales canadiennes, Presses scientifiques du CNRC, Ottawa, Canada, 281p.
- Sofowora A., Ogunbodede E., Onayade A., 2013** - The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention, *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 10, 210–229.
- Spencer R., 1995** - *Horticultural Flora of South Eastern Australia: Ferns, Conifers and Their Allies*, Vol. 1, Royal Botanic Gardens, Melbourne, 358 p.
- Sussenbach A.E., Weterings V., Bathoorn E., et al., 2025** - Dutch guideline for the prevention and control of multidrug-resistant organisms in the hospital setting, *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 14, 135.
- Svoboda K.P., Hampson J.B., 1999** - Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities, Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK, 17p.
- Tan S.Y. and Tatsumura Y., 2015** - Alexander Fleming (1881–1955): Discoverer of penicillin, *Singapore Medical Journal*, 56, 366-367.
- Tang L., Yang W., Yang L., Lv Y., Zhang J., 2026** - Targeting Horizontal Gene Transfer to Combat Antimicrobial Resistance: A Review of Mechanisms, Drivers, and Multi-Omics Strategies, *Infection and Drug Resistance*, 19, 589962.
- Tawfeek N., Fikry E., Mahdi I., Ochieng M.A., Bakrim W.B., Taarji N., Mahmoud M.F., Sobeh M., 2023** - *Cupressus arizonica* Greene: phytochemical profile and cosmeceutical and dermatological properties of its leaf extracts, *Molecules*, 28, 1036.
- Tenover F.C., 2006** - Mechanisms of antimicrobial resistance in bacteria, *The American Journal of Medicine*, 119, S3–S10.
- Torres-Martínez R., García-Rodríguez Y.M., Ramírez-Ortiz M.G., Hernández-Delgado T., Delgado G., Espinosa-García F.J., 2025** - Antibacterial essential oils as adjuvants to inhibit antibiotic resistance in multidrug-resistant bacteria, *Chemistry & Biodiversity*, 22, 1–9.

- Trombetta D., Castelli F., Sarpietro M.G., Venuti V., Cristani M., Daniele C., Saija A., Mazzanti G. and Bisignano G., 2005** - Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49, 2474–2478.
- Van Boeckel T.P., Gandra S., Ashok A., Caudron Q., Grenfell B.T., Levin S.A., Laxminarayan R., 2014** - Global antibiotic consumption 2000 to 2010: an analysis of national pharmaceutical sales data, *The Lancet Infectious Diseases*, 14, 742–750.
- World Health Organization (WHO), 2023** - Antimicrobial resistance, disponible sur : <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>, consulté le : 16 avril 2026.
- World Health Organization (WHO), 2025** - Global antimicrobial resistance and use surveillance report 2025, disponible sur : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240116337>, consulté le : 16 avril 2026.
- Yala D., Merad A.S., Mohamedi D., Ouar Korich M.N., 2001** - Classification et mode d'action des antibiotiques, *Médecine du Maghreb*, 91, 5–12.
- Zahir I., Er-Rahmany A., Es-Sadouny R., El Hadri I., 2020** - Activités biologiques de *Tetraclinis articulata* : revue de synthèse, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 89, 91–114.
- Zahira N. ; Benali O. ; Meguenni K., 2013** - *100 plantes médicinales d'Algérie*, Edition Palais du Livre, 135p.
- Zinovkin R.A., Kondratenko N.D., 2025** - Antibiotics and cellular senescence: An unexplored territory, *Biochemistry (Moscow)*, 90, 1883–1896.

Annexes



Annexe n°1**Milieux de culture****Bouillon nutritif (BN) (g/l)**

Peptone.....	10 g
Extrait de viande.....	5 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Eau distillée.....	1000 mL

pH = 7,3 ± 0,2

Gélose nutritive (GN) (g/l)

Peptone.....	10 g
Extrait de viande.....	3 g
Extrait de levure.....	3 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Agar.....	18 g
Eau distillée.....	1000 mL

pH = 7,3 ± 0,2

Mueller Hinton gélosé (M-H) (g/l)

Extrait de viande.....	3 g
Hydrolysate acide de caséine.....	17,5 g
Amidon.....	1.5 g
Agar.....	16 g
Eau distillée.....	1000 mL

pH = 7,3

Milieu LB (Luria-Bertani) (g/L)

Peptone.....	10 g
Extrait de levure.....	5 g

Chlorure de sodium.....10 g
 Eau distillée.....1000 mL
 pH = 7,0 ± 0,2

Annexe n°2



Figure n°1 : Souches cliniques isolées et conservées au laboratoire

Annexe n°3





Figure n°2 : Résultats du témoin négatif des souches bactériennes étudiées

Annexe n°4



Figure n°3 : Résultats de l'aromatogramme des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* sur la bactérie *Staphylococcus aureus*.

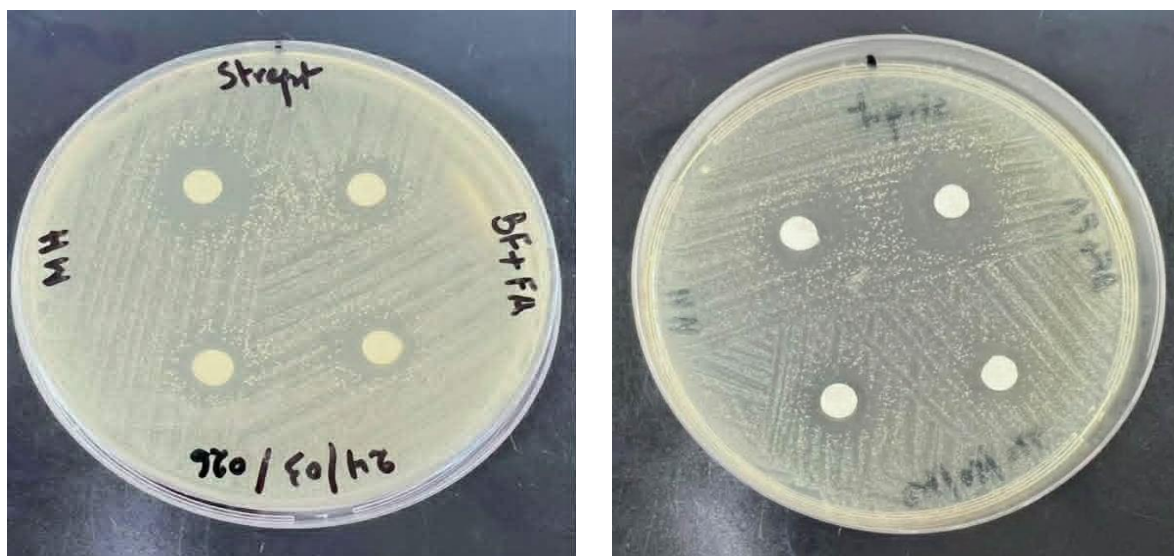


Figure n°4 : Résultats de l'aromatogramme des huiles essentielles de *Tetractinella articulata* sur la bactérie *Streptococcus* bêta-hémolytique.

Annexe n°5

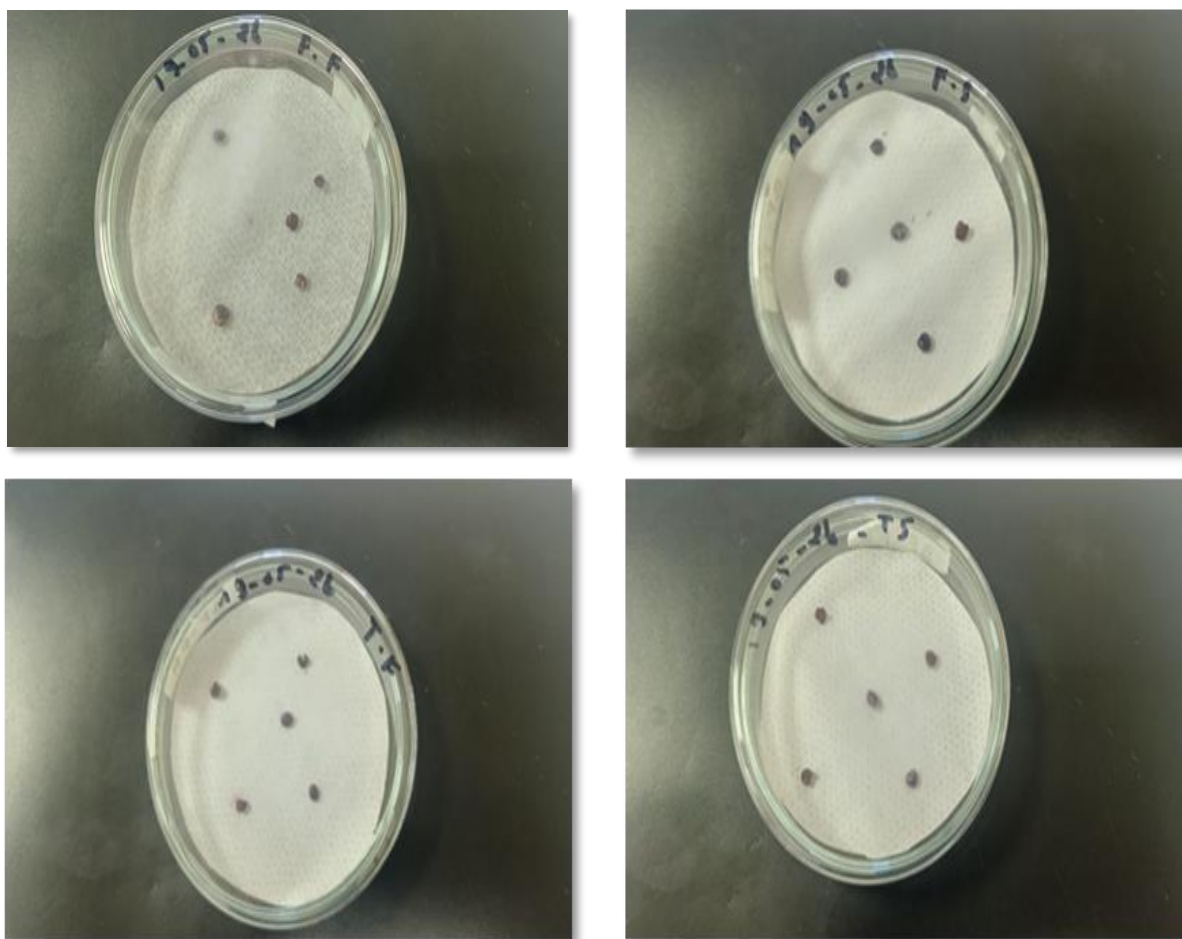


Figure n°05 : Résultats de la mortalité des cochenilles

Annexe n°6

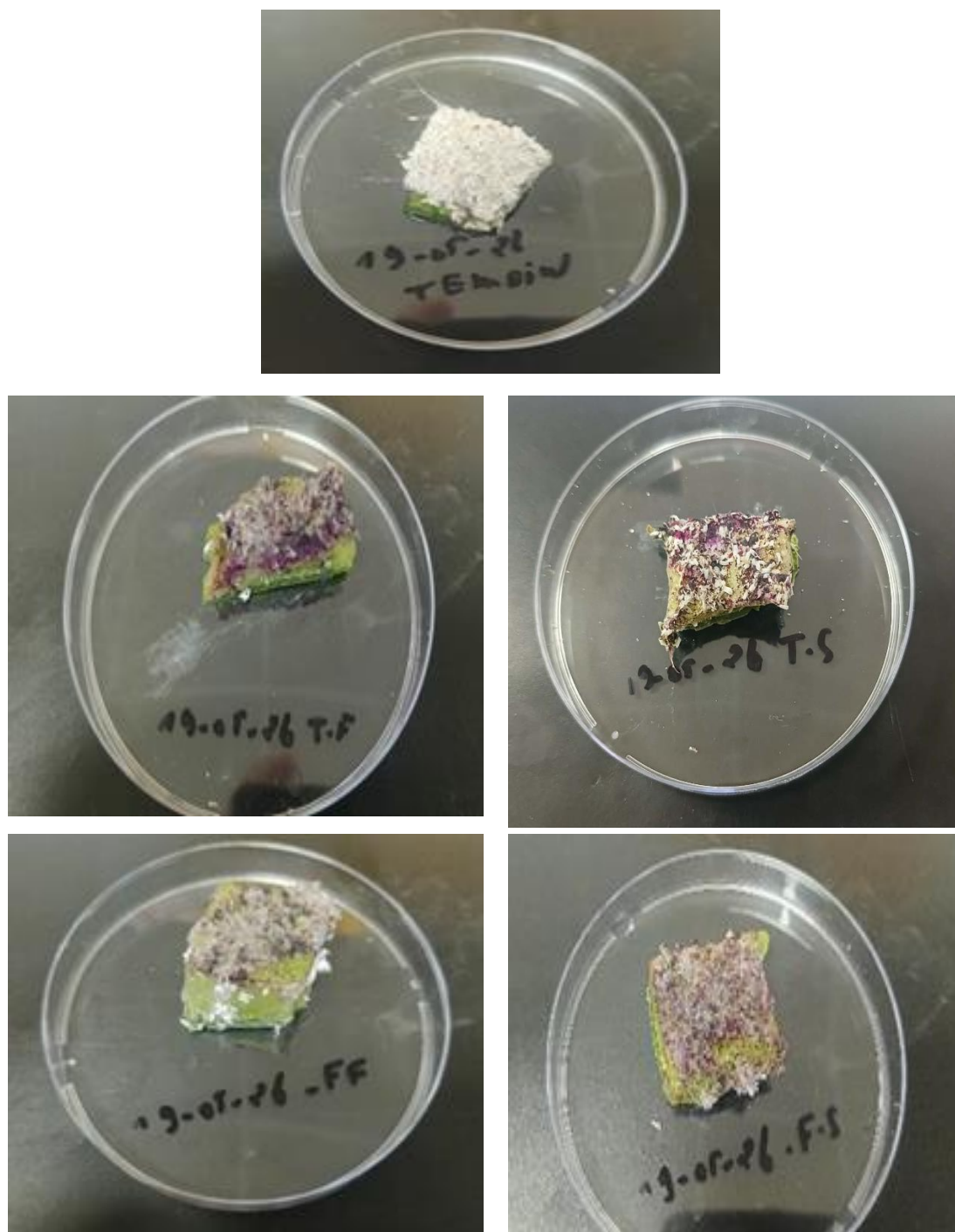


Figure n°06 : Disparition de la couche blanche des cochenilles après contact avec l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata*