



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

FILIERE : Biotechnologie

OPTION : Biotechnologie Végétale

Thème

**Caractérisation phytochimique et évaluation de
l'activité antioxydante des extraits de *Rhamnus
lycioides* subsp. *oleoides* (L)**

Présenté par :

AYADI Souhila & KEFFALI Hadile

Soutenu le 19 / 06 / 2025

devant le jury composé de :

Président	M. ZERAIB Azzeddine	(MCA)	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Encadreur	M. FERCHA Azzeddine	(MCA)	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Examineur	Mlle. BOUZIANE Zahira	(MCB)	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Année universitaire 2024/ 2025

Résumé :

Rhamnus lycioides subsp. *oleoides*, l'une des espèces du genre *Rhamnus* traditionnellement utilisées en phytothérapie (traitement du cancer, affections hépatiques, constipation), demeure peu étudiée malgré sa richesse en anthraquinones et flavonoïdes aux propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Ce travail a pour objectif de caractériser les composés phytochimiques (phénols totaux, flavonoïdes) des extraits de feuilles et tiges de cette sous-espèce, ainsi que d'évaluer leurs activités biologiques : antioxydante (test DPPH), allélopathique (inhibition de la germination et de la croissance végétale), antiproliférative (test de viabilité sur levures) et anthelminthique (effet vermifuge in vitro sur des vers de terre). Les extraits, obtenus par décoction à l'eau ont été analysés par dosages spectrophotométriques. Les résultats révèlent une forte teneur en composés phénoliques, une activité antioxydante modérée, une inhibition significative de la croissance pondérale des trois espèces testées, un effet antiprolifératif marqué sur les levures, ainsi qu'un effet vermifuge prononcé sur les vers de terre. Ces données suggèrent que *R. lycioides* subsp. *oleoides* constitue une source prometteuse de molécules bioactives d'intérêt pharmaceutique, justifiant des recherches complémentaires pour l'isolement de composés actifs et l'évaluation de leur efficacité in vivo.

Mots clés : *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* ; composés phénoliques ; flavonoïdes ; activité antioxydante, activité allélopathique ; activité antiproliférative ; activité anthelminthique.

Abstract:

Rhamnus lycioides subsp. *oleoides*, one of species of the *Rhamnus* genus traditionally used in herbal medicine (for cancer treatment, liver disorders, constipation), remains little studied despite its richness in anthraquinones and flavonoids with antioxidant and anti-inflammatory properties. This study aims to characterize the phytochemical compounds (total phenols, flavonoids) in leaf and stem extracts of this subspecies and to evaluate their biological activities: antioxidant (DPPH assay), allelopathic (inhibition of seed germination and plant growth), antiproliferative (yeast cell viability assay), and anthelmintic (in vitro vermifuge effect on earthworms). The extracts, obtained by aqueous decoction, were analyzed using spectrophotometric assays. The results revealed a high content of phenolic compounds, moderate antioxidant activity, significant inhibition of weight gain in the three tested plant species, marked antiproliferative effect on yeast, and a strong anthelmintic effect on earthworms. These findings suggest that *R. lycioides* subsp. *oleoides* is a promising source of bioactive molecules with pharmaceutical potential, warranting further studies for the isolation of active compounds and assessment of their in vivo efficacy.

Keywords: *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides*; phenolic compounds; flavonoids; antioxidant activity; allelopathic activity; antiproliferative activity; anthelmintic activity.

المخلص

تُعد شجيرة *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* من الأنواع التابعة لجنس *Rhamnus*، والتي تُستخدم تقليدياً في الطب البديل (لعلاج السرطان، اضطرابات الكبد، والإمساك)، ومع ذلك فإنها لا تزال لم تتل حظها من الدراسة، رغم غناها بالأنثراكينونات والفلافونويدات ذات الخصائص المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات. يهدف هذا العمل إلى تحديد المركبات الفيتوكيميائية (الفينولات الكلية، الفلافونويدات) في مستخلصات الأوراق والسيقان لهذا النوع، وتقييم أنشطتها البيولوجية: النشاط المضاد للأكسدة) اختبار DPPH، النشاط الأليلوباثي (تنبيط إنبات ونمو النباتات)، النشاط المضاد للتكاثر (اختبار حيوية خلايا الخميرة)، والنشاط الطارد للديدان (تأثير طارد للديدان في المختبر على ديدان الأرض). تم الحصول على المستخلصات عن طريق الغلي بالماء، وتم تحليلها باستخدام الاختبارات الطيفية. أظهرت النتائج محتوىً عالياً من المركبات الفينولية، ونشاطاً مضاداً للأكسدة متوسطاً، وتنبيطاً ملحوظاً لزيادة الوزن في الأنواع النباتية الثلاثة المختبرة، وتأثيراً قوياً مضاداً للتكاثر على الخمائر، بالإضافة إلى تأثير طارد للديدان واضح على ديدان الأرض. تشير هذه النتائج إلى أن *R. lycioides* تحت النوع *oleoides* تُعد مصدراً واعدداً للجزيئات النشطة بيولوجياً ذات الأهمية الصيدلانية، مما يستدعي المزيد من الدراسات لعزل المركبات الفعالة وتقييم فعاليتها في الجسم الحي.

الكلمات المفتاحية *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* ؛ المركبات الفينولية؛ الفلافونويدات؛ النشاط المضاد للأكسدة؛ النشاط الأليلوباثي؛ النشاط المضاد للتكاثر؛ النشاط الطارد للديدان.

Remerciements

Ce mémoire n'est pas seulement un travail académique, mais le fruit d'un parcours empreint de doutes, de silences et de persévérance.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents, pour leur amour, leur patience et leurs prières silencieuses, qui m'ont soutenue à chaque étape de ce chemin.

Je remercie également mes enseignants, en particulier mon directeur de mémoire, Monsieur Fercha Azzedine, pour ses conseils précieux et son accompagnement bienveillant.

Je remercie également les membres de jury **Dr. Zeraib Azzedine** et **Dr. Bouziane Zahira** d'avoir accepté de juger notre mémoire.

Merci à ma collègue et partenaire de travail pour son sérieux et sa belle énergie,
à mes frères et sœurs pour leur soutien et leur affection, à ma grande famille pour la chaleur constante de leur présence,
et à mes amis, qui ont illuminé les journées les plus lourdes par leurs sourires et leurs paroles réconfortantes.

Et enfin... merci à moi-même, d'avoir tenu bon, d'avoir cru et avancé malgré les obstacles.
À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à cette réalisation... merci du fond du cœur, cela suffit.

Hadil

Je remercie celui qui m'a appris l'amour... même dans l'absence.

À mon père disparu, dont la présence habite encore mon cœur.

À ma mère, ton courage est une grâce, et tes prières silencieuses m'ont portée plus d'une fois.

À mes frères, vous avez été ma force tranquille, mon abri dans les tempêtes.

À mes sœurs, merci pour cette douceur qui rendait les jours plus légers.

À ma famille, mon ancrage discret, merci pour votre amour sans conditions.

À mes amies, pour vos rires, vos mots simples qui réchauffaient les jours gris.

Et à toi, mon amie, merci pour ce geste tendre...

Tes mots ont été une étreinte d'âme, une lumière offerte sans bruit.

Et enfin, merci à moi-même... pour avoir continué, malgré tout.

Merci du cœur, à tous ceux qui ont été là, visibles ou en silence

Souhila

Dédicaces

De la part de Hadil... celle qui a appris à écrire ses rêves sur le papier, et à semer la patience sur les marges de la fatigue.

À celui qui m'a enseigné que l'on ne tient debout qu'avec des racines solides...

À mon père, mon premier pilier, et celui grâce à qui je reste droite même si le monde vacille.
Et à ma mère, dont les prières ont toujours devancé mes pas, et dont la patience fut une échelle vers la lumière.

À mes frères Abdelraouf et Abdelmoumen, piliers silencieux de la maison, et chevaliers des petits détails inoubliables.

À mes sœurs Rimès, Arij et Liliane Jouri, étoiles de la maison, brises légères, et matins doux quand mon cœur s'alourdissait.

À toute ma famille, dans son étendue, sa chaleur, et sa pureté... vous êtes la patrie lorsque les lieux deviennent étrangers.

À mes professeurs, éclaireurs de la pensée dans un chemin où tant se sont perdus...

Et tout particulièrement à mon directeur de mémoire, M. Azedine Fercha, qui fut bien plus qu'un guide académique : une âme tranquille qui enseigne la patience, et un esprit profond qui offre la clarté.

Chaque mot de ce mémoire porte l'empreinte de sa bienveillance et de son exigence.

À mes amis, qui furent des fenêtres dans les murs de l'épuisement, vos rires ont été des bouées de sauvetage, votre présence, un souffle de vie.

Et à Souhila, mon amie la plus proche, la plus précieuse,
toi qui m'as accompagnée dans l'ombre et la lumière,
tu es une histoire qu'on ne résume pas, un cadeau rare en forme d'amitié.

Enfin...

À moi-même, Hedil,
qui ai traversé des sentiers rudes, trébuché mille fois, mais jamais cédé.
Chaque chute fut une leçon, chaque retour un éclat.

Ce mémoire n'est pas seulement le fruit d'un savoir,
mais une fleur née de la patience, arrosée d'amour, et épanouie sous les prières.

Dédicaces

À celui dont j'aurais tant souhaité la présence en ce jour,
À celui qu'on n'oublie pas, même s'il est parti,
À celui qui reste vivant dans chaque pas, chaque battement, chaque accomplissement...
Que Dieu t'accorde une miséricorde à la hauteur de ta bonté, et nous rende un peu de ce que ton
absence nous a ôté.

À ce cœur patient, qui n'a cessé de prier en silence,
À celle dont les invocations ont été ma lumière dans les nuits d'égarement...
Merci, pour avoir été la mère, le soutien, et le refuge sûr.

À ceux qui ressemblent aux montagnes lorsque l'on chancelle,
À ceux qui étaient là, en silence, dans mon dos,
À ces âmes qui m'ont portée par amour, sans rien attendre en retour,
À la famille, chaleur d'hier et sérénité d'aujourd'hui.

À mes compagnes de route, celles qui furent la lumière dans la foule, le rire dans la fatigue,
À celle qui a été bien plus qu'une amie, plus qu'une ombre, plus qu'une sœur...
Merci de n'avoir jamais été un simple nom, mais un cœur dans chaque détail.

À ceux qui nous ont appris que le savoir ne se donne pas seulement, mais se sème...
À ceux qui ont guidé avec patience, encouragé avec discrétion,
À celui dont l'empreinte est clairement visible dans ce travail,
Toute ma gratitude pour cet engagement noble.

Et enfin...
À moi-même,
Qui, malgré la fatigue, ne se suis pas brisée,
Malgré le doute, ne me suis pas arrêtée,
Malgré la peur... j'y ai cru.

Cet accomplissement, même s'il semble ordinaire aux yeux des autres,
Est pour moi... une victoire discrète, une trace d'amour, un cadeau de reconnaissance.

SOMMAIRE

Titre	Page
Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
I. INTRODUCTION	01
Utilisations traditionnelles	02
Principaux composés phytochimiques du genre <i>Rhamnus</i>	03
Activités biologiques	03
<i>Activité antioxydante</i>	03
<i>Activité antimicrobienne</i>	08
<i>Activité antiproliférative</i>	08
<i>Test d'allélopathie</i>	09
<i>Activité anthelminthique</i>	10
II. MATERIELS ET METHODES	11
1. Matériel végétal	11
2. Préparation des extraits aqueux	11
3. Analyses phytochimiques	12
3.1. Analyse qualitative	12
3.2. Analyse quantitative	15
3.2.1. Dosage des composés phénoliques totaux (CPT)	15
3.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux (FT)	15
3.2.3. Activité antioxydante (DPPH)-Préparation de la solution de DPPH	16
3.3. Test anti-prolifératif sur levures (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	17
3.4. Test d'allélopathie	19
3.4.1. Test de germination	19
3.4.2. Test de croissance	19
3.5. L'activité anthelminthique	19
3.6. Analyse statistique	20
III. RESULTATS ET DISCUSSION	21
1. ANALYSES QUALITATIVE	21
2. ANALYSES QUANTITATIVES	27
2.1. Analyse quantitative des phénols et des flavonoïdes	27
2.2. Activité antioxydante :	28
2.3. Activité allélopathique :	29
3. Activité antiproliférative:	33
4. Activité anthelminthique	34
Conclusion	35
Références	36

LISTE DES TABLEAUX

Intitulé	Page
Tableau 1 : Usages ethnobotaniques des espèces du genre <i>Rhamnus</i> (2020–2025).	04
Tableau 2 : Les principaux composés phytochimiques identifiés dans les extraits des espèces du genre <i>Rhamnus</i> à partir d'études publiées depuis 2020 :	05
Tableau 3 : Activités biologiques testées des espèces du genre <i>Rhamnus</i> (2020–2025).	06
Tableau 4 : Récap. Des tests d'analyse phytochimique qualitative.	13
Tableau 5 : Dépistage phytochimique des extraits aqueux de <i>Rhamnus lycioides</i> subsp. <i>oleoides</i>	22
Tableau 6 : Effet des extraits aqueux du <i>R. lycioides</i> subsp. <i>oleoides</i> sur la germination du radis.	30
Tableau 7 : Effet des extraits aqueux du <i>R. Lycioides</i> subsp. <i>oleoides</i> sur la croissance du radis.	32
Tableau 8 : Effet des extraits aqueux du <i>R. Lycioides</i> subsp. <i>oleoides</i> sur la croissance du Blé.	32
Tableau 9 : Effet des extraits aqueux du <i>R. lycioides</i> subsp. <i>oleoides</i> sur la croissance de l'orge.	32
Tableau 10 : L'impact des extraits de <i>R. lycioides</i> subsp. <i>oleoides</i> sur la mobilité et la viabilité des vers de terre.	34

LISTE DES FIGURES

Intitulé	Page
Figure 1 : <i>Rhamnus lycioides subsp. oleoides</i> (L.) (d'après Benamar <i>et al.</i> , 2019).	11
Figure 2: Préparation des extraits aqueux.	12
Figure 3: Les analyses phytochimiques qualitatives.	15
Figure 4: Dosage des composés phénoliques totaux (CPT)	16
Figure 6: Dosage de l'activité antioxydante.	17
Figure 7: Test antiprolifératif.	18
Figure 8: Test d'activité allélopathique (phytotoxicité).	19
Figure 9: Activité anthelmintique.	20
Figure 10: <i>Teneur des composés phénoliques totaux.</i>	27
Figure 11: Activité antioxydante (%) des deux extraits.	28
Figure 12. L'impact des extraits aqueux de <i>R. lycioides subsp. oleoides</i> sur la croissance du Radis.	31
Figure 13. L'impact des extraits aqueux de <i>R. lycioides subsp. oleoides</i> sur la croissance du Blé.	31
Figure 14. L'impact des extraits aqueux de <i>R. lycioides subsp. oleoides</i> sur la croissance du l'Orge.	31
Figure 15. L'impact des extraits de <i>R. lycioides subsp. oleoides</i> sur la viabilité de la levure.	33
Figure 16. L'impact des extraits de <i>R. lycioides subsp. oleoides</i> sur la mobilité et la viabilité des vers de terre.	34

LISTE DES ABREVIATIONS

<i>Abréviation</i>	<i>Signification</i>
CPT	<i>Composés phénoliques totaux</i>
FT	<i>Flavonoïdes totaux</i>
CI ₅₀	<i>Concentration inhibitrice à 50 %</i>
EF	<i>Extrait de feuilles</i>
ET	<i>Extrait de tiges</i>
PF	<i>Poids frais</i>
PS	<i>Poids sec</i>
LP	<i>Longueur de la plante</i>
T+	<i>Contrôle positif</i>
T-	<i>Contrôle négatif</i>
DS	<i>Déviation standard</i>
LSD	Least Significant Difference (différence significative minimale)



Introduction

Depuis des siècles, les plantes occupent une place centrale dans la vie humaine notamment à travers la préservation de la santé et le traitement des affections courantes (Petrovska, 2012). Bien que leurs usages aient d'abord reposé sur l'intuition, en l'absence de méthodes scientifiques pour valider leurs propriétés thérapeutiques, les progrès de la science moderne ont permis de reconnaître l'efficacité de nombreuses plantes médicinales, désormais intégrées à la pharmacopée contemporaine (Petrovska, 2012). Selon diverses études, 70 à 80 % de la population mondiale continue de recourir en priorité à la phytothérapie pour ses besoins en santé (Yoo *et al.*, 2018). L'intérêt scientifique pour les plantes médicinales s'est accru de manière significative après la découverte majeure du taxol, un puissant anticancéreux extrait de l'if du Pacifique par Stierle *et al.* en 1993 - une avancée qui a confirmé leur potentiel thérapeutique (Stierle *et al.*, 1993). Depuis, la recherche sur les plantes s'est intensifiée, et l'incorporation d'extraits végétaux bénéfiques dans l'alimentation connaît un essor remarquable.

Les plantes médicinales jouent un rôle fondamental dans la médecine traditionnelle à travers le monde, constituant une source importante de molécules bioactives aux propriétés pharmacologiques variées. Elles continuent d'inspirer la recherche pharmaceutique contemporaine, notamment dans le cadre de la découverte de nouveaux agents thérapeutiques d'origine naturelle (Dar *et al.*, 2023).

Parmi ces plantes, le genre *Rhamnus* (famille des Rhamnaceae) suscite un intérêt croissant en raison de sa diversité chimique et des nombreuses activités biologiques rapportées, du moins pour certaines espèces, telles que les effets antioxydants, antimicrobiens, anti-inflammatoires et laxatifs (Nigussie *et al.*, 2021).

Le genre *Rhamnus* comprend environ 140 espèces d'arbustes et de petits arbres répartis principalement dans les régions tempérées et subtropicales (Nigussie *et al.*, 2021). En Algérie, *R. alaternus*, *R. frangula*, *cathartica*, *R. alpina*, et *R. lycioides*, sont les espèces de *Rhamnus* les plus répondues (Quezel & Santa, 1963). *Rhamnus lycioides*, l'aubépine noire, le nerprun européen ou le nerprun méditerranéen, est un arbuste atteignant environ 1,5 à 4 mètres de haut

(Benamar *et al.*, 2019). On le trouve dans la région méditerranéenne, dans le sud de l'Europe et en Afrique du Nord. Son nom scientifique lycioides fait référence à sa ressemblance avec le genre botanique *Lycium* (@1). *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* (communément connue sous les noms de *Boutefiche* ou *Cheroura*) est une espèce arbustive caractéristique des milieux méditerranéens, adaptée aux sols calcaires, secs et rocailleux. En Algérie, elle est largement répandue dans les régions nordiques, notamment en Kabylie, dans les Aurès et sur les versants du Tell, où elle colonise les maquis, les forêts claires et les zones montagneuses (Benamar *et al.*, 2019, Quezel et Santa, 1963).

Utilisations traditionnelles :

Traditionnellement, les *Rhamnus* notamment (*R. alaternus*) sont utilisées en médecine populaire pour leurs vertus purgatives, anti-inflammatoires et dépuratives. Les populations locales emploient les feuilles, l'écorce ou les fruits sous forme de décoctions ou d'infusions pour traiter divers troubles cutanés et digestifs (Bellakhdar, 1997; Sarikurkcu *et al.*, 2019).

Plusieurs espèces du genre *Rhamnus* sont encore utilisées en médecine populaire à travers l'Asie de l'Est, les Amériques, et les régions subtropicales d'Afrique. Les différentes parties de ces plantes (feuilles, racines, écorces, fruits) sont employées dans le traitement d'un large éventail de maladies.

Parmi les usages traditionnels recensés, on retrouve le traitement de maladies hépatiques telles que l'hépatite et la jaunisse, les troubles digestifs, les affections cutanées, l'hypertension, les infections sexuellement transmissibles (notamment la gonorrhée), la fièvre, les morsures de serpent, les plaies, les douleurs rhumatismales, ainsi que l'usage comme laxatif ou diurétique (**Tableau 1**). Par exemple, *Rhamnus alaternus* est traditionnellement utilisé en Algérie comme digestif, diurétique, laxatif, et pour traiter des troubles hépatiques et dermatologiques (Nekkaa *et al.*, 2021 ; 2023 ; Zeouk & Bekhti, 2020). En Espagne et en Italie, d'autres espèces comme *R. alpina* ou *R. cathartica* sont employées pour traiter les plaies, les maladies cardiaques, l'hypertension et les troubles intestinaux.

Ces usages ancestraux soutiennent l'intérêt actuel pour l'étude pharmacologique de ces espèces, notamment en ce qui concerne leurs propriétés antioxydantes, cicatrisantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires, confirmées par de nombreuses recherches modernes (**Tableau 1**).

Principaux composés phytochimiques du genre *Rhamnus* :

Divers composés phytochimiques ont été identifiés dans les différentes espèces de ce genre, notamment des anthraquinones, flavonoïdes, dérivés du naphthalène, terpénoïdes, alcaloïdes, stéroïdes et acides organiques.

Plus de 70 composés issus de ces différentes familles chimiques ont été isolés, démontrant une large gamme d'activités pharmacologiques (**Tableau 2**).

Activités biologiques :

Selon de nombreuses études, les espèces de *Rhamnus*, montrent diverses activités biologiques intéressantes (**Tableau 3**).

❑ *Activité antioxydante :*

Le stress oxydatif provient d'un déséquilibre entre les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les défenses antioxydantes, causant des dommages cellulaires liés à diverses maladies (cancer, diabète, pathologies neurodégénératives). Les ROS, comme le superoxyde ou le peroxyde d'hydrogène, ont un rôle physiologique à faibles doses, mais deviennent nocifs en excès.

De nombreuses études ont montré que les plantes du genre *Rhamnus* (Rhamnacées), riches en flavonoïdes, anthraquinones et polyphénols, possèdent une forte activité antioxydante in vitro (Ait Atmane *et al.*, 2025 ; Benamar *et al.*, 2019 ; Chen *et al.*, 2020 ; Nekkaa *et al.*, 2021 ; Abbasi *et al.*, 2021 ; Nekkaa *et al.*, 2023, **Tableau 3**). Tsai *et al.* (2024) ont montré que les extraits de *Rhamnus formosana* inhibent des enzymes pro-oxydantes et neutralise les radicaux libres, tandis que *Rhamnus alaternus* active la voie Nrf2, renforçant les enzymes protectrices contre le stress oxydatif (Nekkaa *et al.*, 2021, Eo *et al.*, 2022).

Rhamnus cathartica, contenant de l'émodyne, possède aussi des effets antitumoraux et anti-inflammatoires, malgré une toxicité à forte dose. Des études in vitro et in vivo ont montré que les extraits de *Rhamnus* réduisent le stress oxydatif et renforcent les défenses naturelles.

Tableau 1 : Usages ethnobotaniques des espèces du genre *Rhamnus* (2020–2025)

Espèce	Partie utilisée	Indication thérapeutique	Méthode d'administration/ Préparation	Pays ou Région	Référence
<i>R. alaternus</i>	Écorce des tiges	Antioxydant, analgésique, anti-inflammatoire, cicatrisation	Extrait méthanolique	Méditerranée	Ait Atmane <i>et al.</i> (2025)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Activité antimélanome (cellules B16F10)	Extrait enrichi en flavonoïdes	Tunisie	Bouhleb Chatti <i>et al.</i> (2022)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Protection contre la néphrotoxicité (induite par AlCl ₃)	Extrait aqueux	Algérie	Tichati <i>et al.</i> (2022)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Hépatoprotection (lésions induites par l'éthanol)	Extrait méthanolique	Algérie	Benzaïd <i>et al.</i> (2021)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles, racines, graines	Antioxydant, antimicrobien	Solvants eutectiques naturels profonds	Algérie	Nekkaa <i>et al.</i> (2021)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Antihyperglycémiant (diabète)	Extrait aqueux (20 mg/kg)	Maroc	Amtaghri <i>et al.</i> (2023)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Géno-protection, antimutagène	Extrait méthanolique	Algérie	Gadouche <i>et al.</i> (2022)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Antioxydant (effets synergiques de mélanges)	Fractions éthanoliques (émuline, kaempférol)	Algérie	Zeouk <i>et al.</i> (2020)
<i>R. prinoides</i>	Écorce des racines	Antiprolifératif (cancer du col de l'utérus, cellules HeLa)	Extrait acétate d'éthyle	Kenya	Kamau <i>et al.</i> (2024)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Cicatrisation (modèles d'excision/incision)	Extrait méthanolique à 80 %	Éthiopie	Tessema & Molla (2021)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Anti-arthritique (induite par l'adjuvant de Freund)	Extrait méthanolique	Kenya	Kamau <i>et al.</i> (2025)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Antidiarrhéique (induite par l'huile de ricin)	Ext. méthanolique et frac. n-butanolique	Éthiopie	Ayele <i>et al.</i> (2023)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Amélioration des performances de croissance (cailles japonaises)	Complément alimentaire	Nigeria	Alagbe (2024)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Pansement cicatrisant (nanofibres antibactériennes)	Extraits chargés dans du polycaprolactone	Éthiopie	Adamu <i>et al.</i> (2024)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Synthèse verte de nanoparticules (antibactérien/antioxydant)	AgNPs, NiONPs, WO ₃ NPs	/	Habtemariam and Alemu (2021), Bogale <i>et al.</i> (2024)
<i>R. l. subsp. oleoides</i>	Feuilles	Antioxydant, anti-acétylcholinestérasique	Extraits acétate d'éthyle/méthanolique	/	Benamar <i>et al.</i> (2019)
<i>R. utilis</i>	Feuilles	Anti-inflammatoire (lésions hépatiques induites par l'alcool)	Extrait aqueux	Chine	Meng <i>et al.</i> (2024)
<i>R. frangula</i>	Écorce	Antibiofilm (<i>Acinetobacter baumannii</i>)	Extrait (5 mg/mL)	/	Rony Varughese <i>et al.</i> (2025)
<i>R. purshiana</i>	Écorce	Laxatif (usage traditionnel)	Extraits lyophilisés/séchés par pulvérisation	Brésil	Silva Souza <i>et al.</i> (2025)
<i>R. cathartica</i>	Écorce	Antibactérien (traitement de l'acné)	Gel hydroalcoolique à 5 %	Iran	Nayyeri <i>et al.</i> (2020)
<i>R. yoshinoi</i>	Non spécifié	Anti-rides (vieillesse cutané induit par les UV)	Extrait méthanolique (RYME)	Corée	Kim <i>et al.</i> (2020)
<i>R. triquetra</i>	Feuilles	Synthèse verte de nanoparticules (anticancéreux, antimicrobien)	IONPs, NiONPs	Pakistan	Abbasi <i>et al.</i> (2020)
<i>R. virgata</i>	Feuilles	Anticancéreux (cellules d'hépatome), antileishmanien	Nanoparticules d'oxyde de cobalt (CoONPs)	Pakistan	Abbasi <i>et al.</i> (2021)

Tableau 2 : Les principaux composés phytochimiques identifiés dans les extraits des espèces du genre *Rhamnus*.

Espèce	Partie de la plante	Type d'extrait	Classe du composé	Composés identifiés	Teneur/Activé	Référence
<i>Rhamnus alaternus</i>	Feuilles	Macération (méthanol)	Flavonoïdes	Kaempferol hexoside, rhamnocitrin, kaempferol 3-O-acétyl-rhamnoside, quercétine	Activité antihyperlipidémique	Nekkaa <i>et al.</i> (2021)
<i>Rhamnus alaternus</i>	Feuilles	Macération (éthanol/eau)	Anthraquinones, Flavonoïdes	Émodine, kaempférol	Activité antioxydante	Tsahar <i>et al.</i> , 2002
<i>Rhamnus alaternus</i>	Feuilles	Macération (méthanol)	Polyphénols	Rutine, anthraquinones, quercétine-3-rhamnoside, acide gallique, acide férulique	Activité antioxydante	Moussi <i>et al.</i> , 2015
<i>Rhamnus alaternus</i>	Feuilles	Soxhlet (méthanol/chloroforme)	Flavonoïdes	Rhamnétine-3-O-isorhamninoside, kaempférol 3-O-isorhamninoside	Activité antioxydante et antigénotoxique	Tacherfiout <i>et al.</i> , 2018
<i>Rhamnus alaternus</i>	Baies	Macération (méthanol)	Anthocyanes	Malvidine, delphinidine 3-rutinoside, pétunidine 3-glucoside, cyanidine 3-glucoside	Non spécifiée	Longo <i>et al.</i> , 2005
<i>Rhamnus pallasii</i> subsp. <i>sintenisii</i>	Fruits, feuilles, écorce, racines	Extrait hydro-méthanolique	Flavonoïdes, acides phénoliques	59 composés (flavonoïdes, acides phénoliques, anthraquinones)	Activité antioxydante et antibactérienne	Mahmoodi <i>et al.</i> , 2022
<i>Rhamnus prinoides</i>	Feuilles	Macération (méthanol)	Polyphénols, Flavonoïdes	Phénols, flavonoïdes, alcaloïdes, saponines, tanins	Activité antidiarrhéique	Ayele <i>et al.</i> , 2023

Tableau 3 : Activités biologiques testées des espèces du genre *Rhamnus* (2020–2025)

Espèce	Partie utilisée	Type d'extrait / composé	Activités biologiques	Méthodes utilisées	Référence
<i>R. alaternus</i>	Écorce de tige	Extrait méthanolique (MRAB)	Antioxydante, analgésique, anti-inflammatoire, cicatrisante	LC-MS, DPPH, ABTS, tests de capacité antioxydante, modèles de douleur et d'inflammation	Ait Atmane <i>et al.</i> (2025)
<i>R. lycioides</i>	Feuilles	Extraits (n-hexane, dichlorométhane, etc.)	Antioxydante, anti-acétylcholinestérasique	Profil phytochimique, tests DPPH et ABTS	Benamar <i>et al.</i> (2019)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Extrait brut (CRE) et semi-purifié (SPRE)	Antioxydante, anti-inflammatoire	DPPH, ABTS, réduction de NO, inhibition de COX-2	Chen <i>et al.</i> (2020)
<i>R. prinoides</i>	Racines	Extrait éthylacétate (EARP)	Anti-proliférative (cancer du col)	MTT, microscopie, analyse du cycle cellulaire, GC/MS, docking moléculaire	Kamau <i>et al.</i> (2024)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles, racines, baies	Extraits variés	Antioxydante, antihyperlipidémique, antimicrobienne	/	Nekkaa <i>et al.</i> (2021)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Extrait enrichi en oligomères flavoniques (TOF)	Antimélanome	HPLC/ESI-MS2, tests de prolifération, apoptose, migration cellulaire	Bouhleb Chatti <i>et al.</i> (2022)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Extrait optimisé (macération dynamique)	Antioxydante	Box-Behnken design, DPPH	Nekkaa <i>et al.</i> (2021)
<i>R. purshiana</i>	Écorce	Extrait lyophilisé et spray-dried	Cytogénotoxicité	Tests sur <i>Lactuca sativa</i> (anomalies mitotiques)	Silva Souza <i>et al.</i> (2025)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Extrait foliaire (complément alimentaire)	Amélioration des performances de croissance (cailles japonaises)	/	Alagbe (2024)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Nanofibres PCL-CA chargées d'extrait	Cicatrisation, antibactérienne	Electrospinning, tests antibactériens (<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i>)	Adamu <i>et al.</i> (2024)
<i>R. virgata</i>	Feuilles	Nanoparticules d'oxyde de cobalt (CoONPs)	Anticancéreuse, antileishmanienne, antioxydante	Synthèse verte, tests cytotoxiques (HepG2, HUH-7)	Abbasi <i>et al.</i> , 2021)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles, gousses, racines	Solvants eutectiques naturels (NaDESS)	Antioxydante, antibactérienne	DPPH, ABTS, tests antibactériens	Nekkaa <i>et al.</i> (2023)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Extrait méthanolique brut	Cicatrisation (modèles murins)	Tests d'excision et d'incision	Tessema & Molla, 2021)
<i>R. utilis</i>	Feuilles	Extrait aqueux (RDAE)	Hépatoprotectrice (lésions alcooliques)	Dosages enzymatiques, métabolomique	Meng <i>et al.</i> , 2024)
<i>R. prinoides</i>	Feuilles	Nanoparticules de WO ₃	Antibactérienne	Synthèse verte, tests antibactériens (<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i>)	Habtemariam & Alemu, 2021)

<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Extrait aqueux (RAAE)	Néphroprotectrice (toxicité induite par AIC13)	Tests DPPH, FRAP, analyses rénales/hématologiques	Tichati <i>et al.</i> (2022)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Extrait aqueux (RAAE)	Hépatoprotectrice (toxicité induite par AIC13)	Dosages enzymatiques (AST, ALT), tests antioxydants	Benzaid <i>et al.</i> (2021)
<i>R. prinoïdes</i>	Feuilles	Extrait méthanolique	Anti-arthritique (modèle CFA)	LC-MS, GC-MS, tests in vivo (œdème, marqueurs inflammatoires)	Kamau <i>et al.</i> (2025)
<i>R. prinoïdes</i>	Feuilles	Nanofibres PCL chargées d'extrait	Cicatrisation, antibactérienne	Electrospinning, tests de libération, contact angle	Adamu <i>et al.</i> (2024)
<i>R. prinoïdes</i>	Feuilles	Extrait méthanolique et fractions	Antidiarrhéique	Modèles induits par l'huile de ricin	Ayele <i>et al.</i> (2023)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Extrait méthanolique	Antioxydante, géoprotectrice	Tests DPPH, β -carotène, <i>Allium cepa</i>	Gadouche <i>et al.</i> (2022)
<i>R. frangula</i>	P. aérienne	Extrait	Antibiofilm (<i>Acinetobacter baumannii</i>)	Tests MIC, histopathologie	Rony Varughese <i>et al.</i> (2025)
<i>R. alaternus</i>	P. aérienne	Extrait aqueux (RAAE)	Antihyperglycémiant	Tests de tolérance au glucose, DPPH	Amtaghri <i>et al.</i> (2023)
<i>R. alaternus</i>	Feuilles	Extrait enrichi en flavonoïdes (TOF)	Hépatoprotectrice (lésions induites par l'éthanol)	Dosages enzymatiques, marqueurs inflammatoires	Bouhleb <i>et al.</i> (2025)
<i>R. prinoïdes</i>	Feuilles	Nanoparticules d'argent (AgNPs)	Antibactérienne, antioxydante, photocatalytique	Synthèse verte, DPPH, dégradation de colorant	Bogale <i>et al.</i> (2025)
<i>R. triquetra</i>	Feuilles	Nanoparticules d'oxyde de fer (IONPs)	Anticancéreuse, antileishmanienne	Synthèse verte, tests cytotoxiques (HepG2)	Abbasi <i>et al.</i> (2020)
<i>R. yoshinoi</i>	P. aérienne	Extrait méthanolique	Anti-rides (inhibition des MMP-1/3, stimulation du collagène)	Tests sur fibroblastes et kératinocytes	Kim <i>et al.</i> (2020)
<i>R. cathartica</i>	Écorce	Gel hydroalcoolique (5%)	Antibactérienne (contre <i>C. acnes</i> , <i>S. aureus</i>)	Tests MIC/MBC	Nayyeri <i>et al.</i> (2020)
<i>R. formosana</i>	Tiges	Extraits méthanolique et éthanolique	Antioxydante	DPPH, ABTS, superoxide, and FRAP	Tsai <i>et al.</i> (2024)

❑ **Activité antimicrobienne :**

Les infections microbiennes représentent un défi majeur en santé publique, aggravé par l'émergence de résistances aux antibiotiques conventionnels. Dans ce contexte, les plantes médicinales, comme celles du genre *Rhamnus*, suscitent un intérêt croissant pour leur potentiel antimicrobien.

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'activité antimicrobienne significative d'extraits de différentes espèces de *Rhamnus*, notamment contre des souches pathogènes bactériennes et fongiques. Les extraits méthanoliques et aqueux de *Rhamnus alaternus* ont montré une inhibition marquée de la croissance de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Candida albicans* (Benamar *et al.*, 2019; Nekkaa *et al.*, 2021). Ces effets sont principalement attribués à la richesse en anthraquinones, flavonoïdes et tanins, composés connus pour leur capacité à perturber les membranes microbiennes et inhiber des enzymes clés.

Des tests *in vitro* et *in vivo* confirment que ces extraits végétaux pourraient servir comme agents antimicrobiens naturels ou comme adjuvants aux antibiotiques, contribuant à limiter la propagation de la résistance antimicrobienne (Ait Atmane *et al.*, 2025 ; Nekkaa *et al.*, 2023).

❑ **Activité antiproliférative :**

L'activité antiproliférative désigne la capacité d'une substance à inhiber la prolifération cellulaire, notamment des cellules tumorales. Dans le cadre de la recherche en oncologie, les plantes médicinales représentent une source précieuse de composés bioactifs aux effets cytotoxiques sélectifs. Plusieurs espèces du genre *Rhamnus* ont démontré une activité antiproliférative prometteuse contre divers types de lignées cancéreuses.

Les anthraquinones, comme l'émodine et la chrysophanol, isolées de *Rhamnus cathartica* et *Rhamnus alaternus*, ont montré des effets cytotoxiques significatifs contre des cellules cancéreuses du côlon, du foie et du sein (Abbasi *et al.*, 2021 ; Nekkaa *et al.*, 2021). Ces composés induisent l'arrêt du cycle cellulaire, l'apoptose, et inhibent les voies de signalisation favorisant la prolifération tumorale, telles que PI3K/Akt et MAPK.

Selon Chen *et al.* (2020), les extraits de *Rhamnus davurica* réduisent la viabilité des cellules cancéreuses en provoquant un stress oxydatif intracellulaire et une fragmentation de l'ADN, indicateurs classiques de l'apoptose. De même, Ait Atmane *et al.* (2025) ont montré que les extraits de *Rhamnus alaternus*, riches en flavonoïdes, inhibent la croissance de cellules de mélanome et de carcinome hépatique.

Tsai *et al.* (2024) rapportent que *Rhamnus formosana* exerce une action antiproliférative sélective, affectant les cellules tumorales tout en épargnant les cellules normales. Cette sélectivité est essentielle dans la recherche de traitements moins toxiques que les chimiothérapies classiques.

Ainsi, les extraits de *Rhamnus* apparaissent comme des candidats potentiels pour le développement de nouvelles thérapies anticancéreuses naturelles, justifiant des investigations plus poussées *in vivo* et cliniques (Benamar *et al.*, 2019 ; Nekkaa *et al.*, 2023).

□ **Test d'allélopathie :**

L'allélopathie désigne l'effet biochimique qu'une plante exerce sur la germination, la croissance ou le développement d'autres plantes à travers la libération de composés secondaires, souvent par lixiviation, exsudation racinaire ou décomposition de résidus végétaux. Les espèces du genre *Rhamnus* ont été étudiées pour leur potentiel allélopathique, notamment en raison de leur richesse en composés phénoliques et anthraquinoniques.

Plusieurs études ont mis en évidence les effets inhibiteurs d'extraits de *Rhamnus* sur la germination et la croissance des plantules de plantes cultivées ou adventices. (Nekkaa *et al.*, 2021) ont montré que les extraits aqueux de feuilles de *Rhamnus alaternus* réduisent significativement le taux de germination et la croissance des racines de *Lactuca sativa* (laitue) et *Triticum aestivum* (blé), suggérant une activité allélopathique marquée.

Selon Benamar *et al.* (2019), les extraits méthanoliques de *Rhamnus lycioides* ont également inhibé la croissance racinaire de *Raphanus sativus* (radis) et de *Sinapis alba* (moutarde blanche), avec une inhibition dose-dépendante. Ces effets sont attribués à la présence de composés tels que l'émodine, la physcion et des flavonoïdes, qui interfèrent avec la division cellulaire et la perméabilité membranaire des graines en germination.

Tsai *et al.* (2024) ont étudié les effets de *Rhamnus formosana* sur des espèces adventices locales à Taïwan, constatant une diminution significative de la biomasse aérienne et racinaire, confirmant son potentiel comme source de bioherbicides naturels. Ces résultats suggèrent une utilité possible dans la gestion écologique des mauvaises herbes.

Ainsi, les espèces du genre *Rhamnus* pourraient être utilisées comme agents allélopathiques naturels dans l'agriculture durable, en remplacement partiel des herbicides chimiques (Ait Atmane *et al.*, 2025 ; Nekkaa *et al.*, 2023).

□ **Activité anthelminthique :**

Les helminthiases, causées par des vers parasites tels que les nématodes et les cestodes, constituent un problème de santé publique majeur, notamment dans les régions tropicales et subtropicales. La résistance croissante aux vermifuges synthétiques a conduit à une recherche accrue de composés d'origine végétale présentant une activité anthelminthique. Le genre *Rhamnus*, riche en composés bioactifs comme les anthraquinones, a montré un potentiel intéressant dans ce domaine.

Des études récentes ont révélé que les extraits de certaines espèces de *Rhamnus* exercent une activité vermifuge significative. Ait Atmane *et al.* (2025) ont rapporté que les extraits éthanoliques de *Rhamnus alaternus* ont provoqué une paralysie et une mortalité dose-dépendante de *Haemonchus contortus*, un nématode gastro-intestinal fréquent chez les ruminants. Cette activité serait liée à la présence d'émodine et de chrysophanol, connus pour altérer la membrane des parasites et perturber leur métabolisme énergétique.

Abbasi *et al.* (2021) ont observé une activité similaire avec *Rhamnus cathartica*, dont les extraits ont montré une efficacité notable contre *Ascaris suum* et *Trichuris trichiura* lors d'essais in vitro, en réduisant leur mobilité et leur viabilité après quelques heures d'exposition.

Selon Nekkaa *et al.* (2023), les extraits aqueux et méthanoliques de *Rhamnus lycioides* ont également inhibé le développement larvaire de nématodes intestinaux chez la souris, suggérant une efficacité potentielle en usage thérapeutique.

Tsai *et al.* (2024) ont proposé que *Rhamnus formosana*, grâce à sa richesse en tanins et flavonoïdes, pourrait renforcer les barrières intestinales et modifier l'environnement digestif des parasites, réduisant ainsi leur survie.

Ces résultats confirment que les espèces de *Rhamnus* peuvent constituer une source prometteuse d'agents anthelminthiques naturels, à explorer pour des applications vétérinaires et médicales (Benamar *et al.*, 2019 ; Nekkaa *et al.*, 2021).

Malgré les usages empiriques bien ancrés, les données scientifiques relatives à la composition chimique détaillée et aux propriétés pharmacologiques spécifiques de *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* restent encore rares et fragmentaires. Dans ce contexte, le présent travail vise à faire une caractérisation phytochimiques des extraits de feuilles et de tiges de *R. lycioides* subsp. *oleoides* et à évaluer leurs activités biologiques.



Matériel & Méthodes

1. Matériel végétal:

Le matériel végétal utilisé est constitué de feuilles et tiges de l'espèce *Rhamnus lycioides subsp. oleoides* (L.) Jahand. & Maire., collectée dans la région de Batna et identifiée par le Dr. Zeraib A.

Après nettoyage à l'eau distillée, les feuilles et les tiges ont été séchées à l'ombre pendant 30 jours, broyées finement, puis conservées à sec jusqu'à leur utilisation.



Figure 1. *Rhamnus lycioides subsp. oleoides* (L.) (d'après Benamar *et al.*, 2019).

2. Préparation des extraits aqueux :

20 g de poudre de feuilles ou tiges ont été décoctés dans 125 mL d'eau distillée bouillante, puis maintenues sous agitation et pendant 2 heures. Les extraits ensuite été filtré à l'aide d'un papier filtre Whatman n°1, puis concentré par évaporation douce. Les extraits secs ont été conservés à 4 °C.

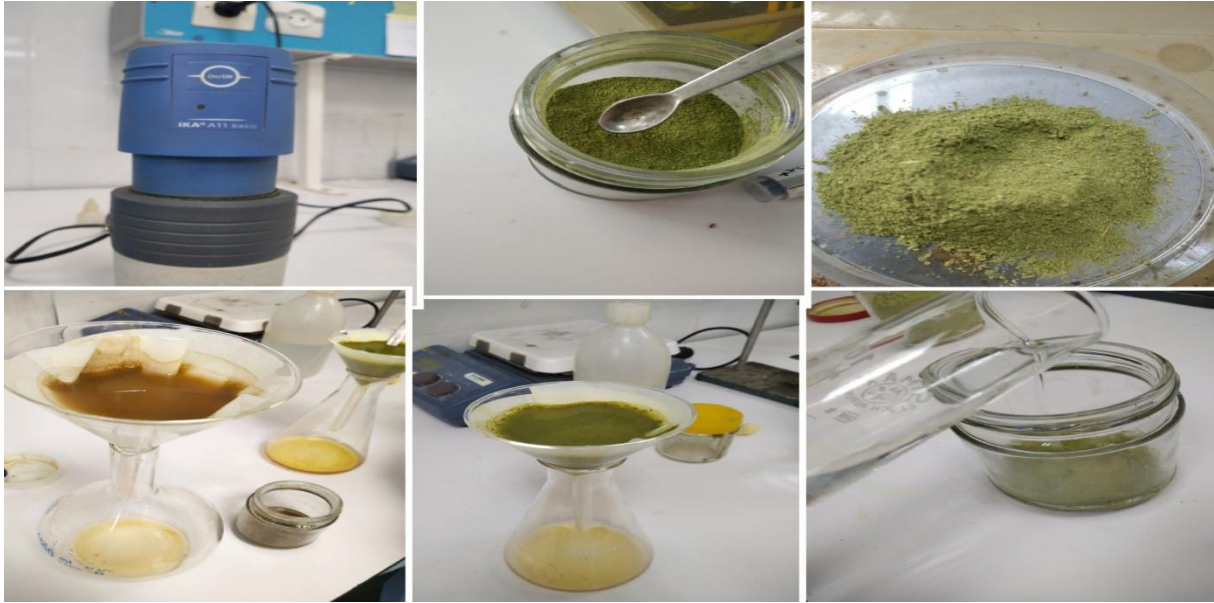


Figure 2. Préparation des extraits aqueux.

3. Analyses phytochimiques :

3.1. Analyse qualitative

Un dépistage des familles chimiques a été réalisé selon les protocoles classiques (Harborne, 1973) en utilisant divers réactifs spécifiques (**Tableau 04**).

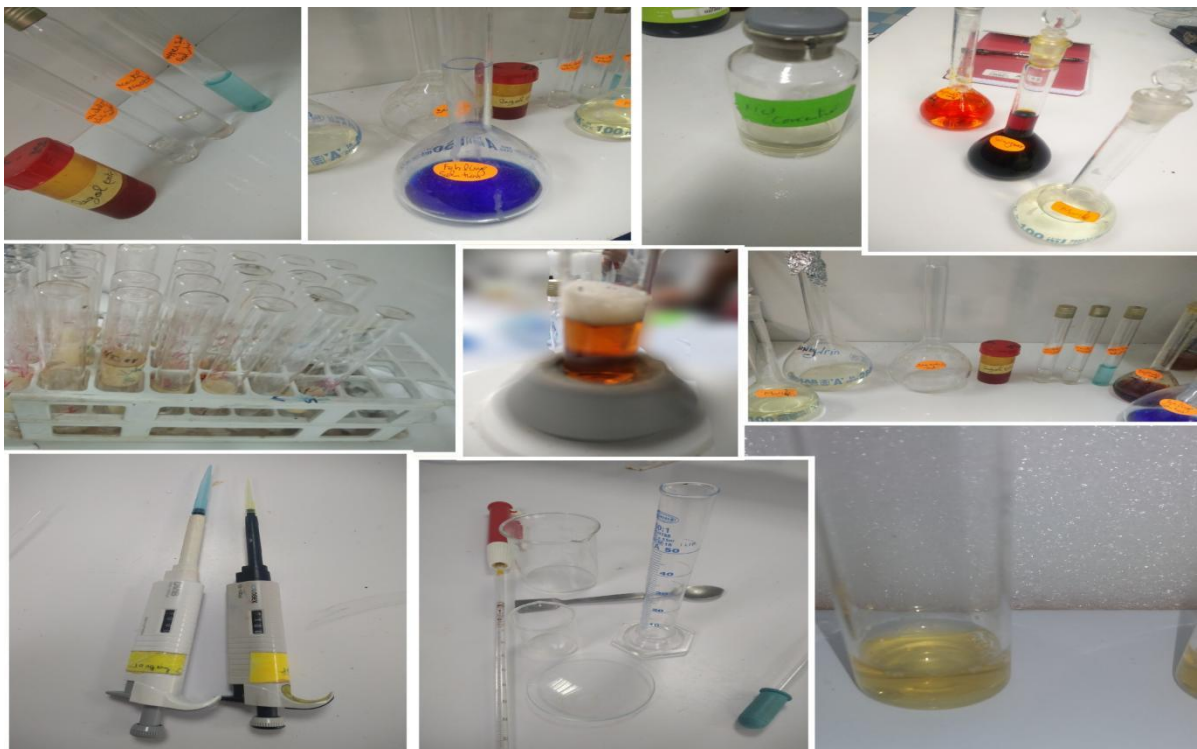


Figure 3. Les analyses phytochimiques qualitatives.

Tableau 4: Récap. Des tests d'analyse phytochimique qualitative.

Groupe de composée	Réactif	Référence
Alcaloïde	Mayer : Quelques gouttes de réactif de Mayer ont été ajoutées à 1 à 5 ml de l'extrait. L'apparition d'un précipité blanc à jaunâtre indique un test positif.	Panth & Mansoori (2020)
	Dragendorff : Il existe deux solutions. La première est du nitrate de bismuth dans de l'acide acétique. La seconde est une solution de nitrate de sodium. Les alcaloïdes sont indiqués par un dépôt (rouge orangé). En ajoutant 1 mL de réactif de Dragendorff à 2 mL d'extrait, un précipité brun rougeâtre ou rouge orangé s'est formé, indiquant la présence d'alcaloïdes.	
	Wagner : [Le réactif a été préparé en dissolvant 2 g d'iode (I ₂) et 6 g d'iodure de potassium (KI) dans 100 mL d'eau distillée. Dans ce test, environ 2 à 3 mL de la solution échantillon sont mélangés à 1 mL d'HCl dilué, puis à quelques gouttes de réactif de Wagner. L'apparition d'un précipité brun rougeâtre indique la présence d'alcaloïdes.	
Flavonoïdes	Réactif alcalin : Deux à trois gouttes d'hydroxyde de sodium (10 %) ont été ajoutées à 2 ml d'extrait. Une couleur jaune foncé est apparue initialement, mais elle est progressivement devenue incolore après l'ajout de quelques gouttes de HCl dilué, indiquant la présence de flavonoïdes.	Panth & Mansoori (2020)
Composés phénoliques et tannins	Test au chlorure ferrique : Deux millilitres d'une solution neutre de chlorure ferrique à 5 % ont été ajoutés à 1 ml d'extrait. La formation d'une coloration bleue, verte ou violette indique la présence de composés phénoliques et de tannins.	Dawood <i>et al.</i> (2022)
Protéine	Test du biuret : Deux gouttes de sulfate de cuivre à 3 % et quelques gouttes d'hydroxyde de sodium à 10 % ont été ajoutées à 1 ml d'extrait. Une coloration violette ou rouge a été observée.	Panth & Mansoori (2020)
	Test à la ninhydrine : Deux gouttes de solution de ninhydrine fraîchement préparée à 0,2 % sont ajoutées à 1 ml d'extrait. L'apparition d'une couleur violette indique la présence de protéines.	
Carbohydrate	Test de Molisch : À 2,0 mL d'extrait, 2 gouttes de réactif de Molisch ont été ajoutées et mélangées. Quelques gouttes d'acide sulfurique concentré (H ₂ SO ₄) ont été ajoutées à cette solution le long des parois du tube à essai. La formation d'un anneau rouge-violet à la jonction des deux liquides et sa disparition lors de l'ajout d'une solution alcaline (NaOH) en excès indiquent la présence de glucides.	Panth & Mansoori (2020)
	Test de Benedict : 8 à 10 gouttes d'extrait ont été ajoutées à 5 ml de réactif de Benedict, puis chauffées pendant cinq minutes ; le précipité rouge foncé obtenu indiquait la présence de glucides.	

Test de fehling :

À 2 ml d'extrait, un volume égal de solution de Fehling (A et B) a été ajouté et chauffé pendant cinq minutes, le précipité rouge/rouge foncé résultant indique la présence de glucides.

Glycosides

Test de Keller-Killiani:

Une solution de 0,5 ml contenant de l'acide acétique glacial et 2 à 3 gouttes de chlorure ferrique a été mélangée à 2 ml d'extrait. 1 ml de H₂SO₄ concentré a ensuite été ajouté le long des parois du tube à essai. L'apparition d'une couleur bleu foncé à la jonction des deux liquides a indiqué la présence de glycosides cardiaques.

Panth & Mansoori (2020)

Saponines

Tests de saponines

Une goutte de solution de Na₂CO₃ a été ajoutée à 5 ml d'extrait dans un tube à essai. Après agitation vigoureuse, le mélange a été laissé reposer cinq minutes. La formation de mousse (> 1 cm) a indiqué la présence de saponines.

Sachin et al. (2010)

Triterpénoïdes

Test d'horizon:

Deux millilitres d'acide trichloracétique ont été ajoutés à 1 mL d'extrait. La présence de terpénoïdes a été confirmée par la formation d'un précipité rouge.

Panth & Mansoori (2020)

Stéroïdes

Test de Salkowski:

L'extrait à tester a été agité avec du chloroforme et du H₂SO₄ concentré a été ajouté le long des parois d'un tube à essai ; une couleur rouge est apparue, indiquant la présence de stéroïdes.

Panth & Mansoori (2020)

Amidon

Test à l'iode:

Deux millilitres de solution d'iode contenant de l'iode de potassium ont été ajoutés à 2 ml d'extrait à tester. L'apparition d'une couleur bleue a indiqué la présence d'amidon.

Panth & Mansoori (2020)

3.2. Analyse quantitative :

3.2.1. Dosage des composés phénoliques totaux (CPT)

Les CPT ont été quantifiés par la méthode de Folin-Ciocalteu (Swathi *et al.*, 2024):

- 20 μ L d'extrait a été mélangé avec 1 mL de réactif Folin-Ciocalteu (dilué 10x).
- Après 5 min, 8 mL de solution de Na_2CO_3 (7,5%) ont été ajoutés.
- L'absorbance a été mesurée à 760 nm après 30 min d'incubation (20°C) dans bain marie.
- Les résultats ont été exprimés en mg équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait sec (μg EAG/g ES).

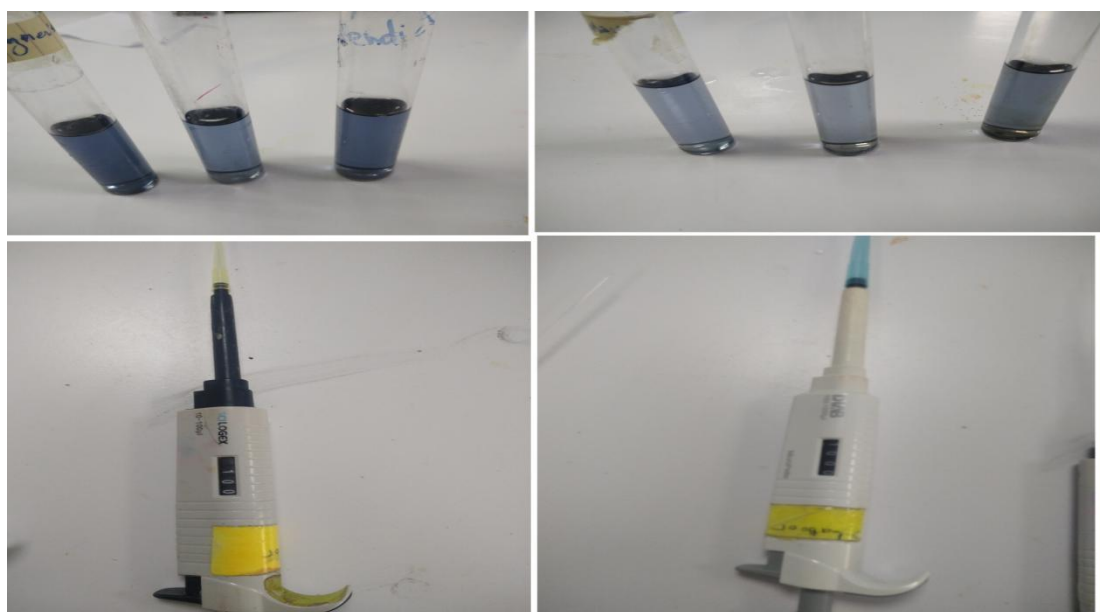


Figure 4. Dosage des composés phénoliques totaux (CPT)

3.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux (FT):

La méthode d'Aluminium Chloride a été utilisée (Swathi *et al.*, 2024) :

- 500 μ L d'extrait (feuilles /tiges) a été mélangé avec 500 μ L d' AlCl_3 (2%), puis l'agitation et incubé.
- L'absorbance a été mesurée à 360 nm après 10 min.

Les résultats sont exprimés en mg équivalents de quercétine par gramme d'extrait sec (μg EQ/mL d'extrait).

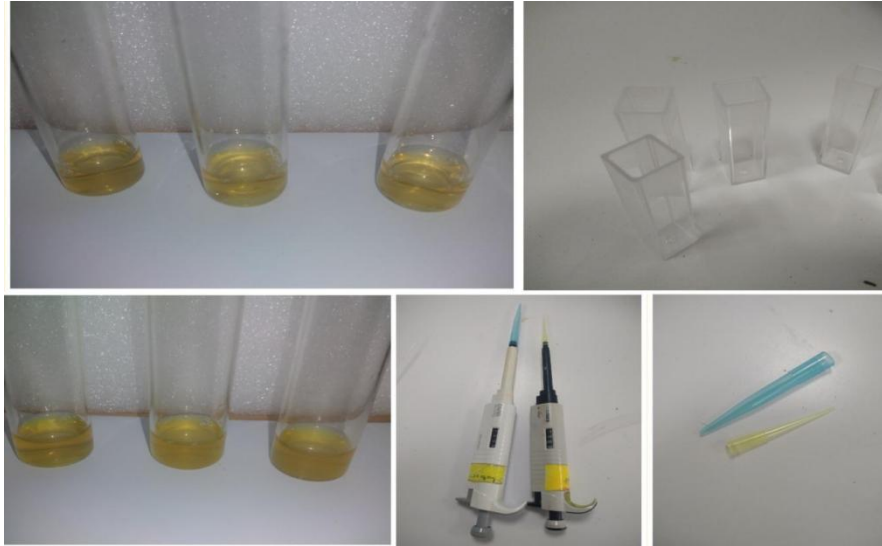


Figure 5. Dosage des flavonoïdes.

3.2.3. Activité antioxydante (DPPH)-Préparation de la solution de DPPH :

La solution de DPPH est préparée par la dissolution 0,004 g de DPPH dans 100 mL de méthanol, la solution est stockée à l'abri de la lumière pour éviter sa dégradation (Hatano *et al.* 1998). Les dilutions sont préparées avec le méthanol à partir des extraits de feuilles ou de tiges : 40/80/120/200 mg/mL.

Dans chaque tube 50 μ L de chaque dilution d'extrait (feuille ou tige) sont mélangés avec 1950 μ L de DPPH. Un témoin est préparé avec 50 μ L de méthanol. Les mélanges sont incubés à température ambiante, à l'obscurité, pendant 30 minutes. L'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Chaque mesure est effectuée en triplicata pour assurer la reproductibilité.

L'activité antioxydante est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH, selon la formule :

$$\% \text{ d'inhibition} = \left(\frac{A \text{ témoin} - A \text{ échantillon}}{A \text{ témoin}} \right) \times 100$$

- A témoin : Absorbance du témoin (DPPH sans extrait).
- A échantillon : Absorbance du mélange DPPH avec extrait.



Figure 6. Dosage de l'activité antioxydante.

3.3. Test anti-prolifératif sur levures (*Saccharomyces cerevisiae*):

Un modèle de levure a été utilisé pour évaluer l'effet antiprolifératif, selon Saboo *et al.* (2007).

✓ Préparation de l'inoculum de levure et du bouillon de dextrose à base de pomme de terre:

Dans un erlenmeyer, 2,5 g de levure accessible dans le commerce ont été ajoutés à 50 mL de bouillon LB stérilisé, puis incubés à 37 °C pendant 24 heures. Cette suspension est ensuite considérée comme un liquide ensemencé,

Afin d'obtenir une concentration approximative de $25,4 \times 10^4$ cellules/mL, 1 mL de ce bouillon a été dilué dans 10 mL d'eau stérile, parallèlement, 40 g de pommes de terre coupées ont été bouillies dans 200 mL d'eau distillée pendant une heure, puis filtrées à travers un tissu de coton. Le filtrat a été complété avec de l'eau distillée jusqu'à un volume final de 200 mL, puis 4 g de glucose y ont été ajoutés.

L'expérience a été réalisée en triplicata afin d'assurer la viabilité des résultats.

✓ Comptage des cellules :

En préparant un mélange composé de 0,5 mL de solution de levure à 1 % et de 2 mL d'extrait végétal. Ce mélange est incubé à 37 °C pendant 30 minutes. Par la suite, 1 mL de bleu de méthylène à 2 % est ajouté sous agitation. Les échantillons sont ensuite laissés au repos pendant

5 minutes et après examiner les échantillons au microscope avec un grossissement 10× par la cellule de malassez pour calculer les cellules viables et non-viables (Bashir *et al.*, 2024):

1. Nombre de cellules saines (transparentes)
2. Nombre de cellules mortes (colorées en bleu par le bleu de méthylène)

✓ **Pourcentage de viabilité cellulaire :**

$$\% \text{ Viabilité cellulaire} = \left(\frac{\text{Total des cellules viables}}{\text{Total des cellules}} \right) \times 100$$



Figure 7. Test antiprolifératif.

3.4. Test d'allélopathie

3.4.1. Test de germination

L'effet inhibiteur des extraits sur la germination du radis (*Raphanus sativus*) a été évalué :

- Des graines de radis ont été placées dans des boîtes de Pétri contenant du papier filtre imbibé de 5 mL d'extrait aqueux à différentes concentrations (1 %, 10 %, 25 %).

- en a préparé Un témoin négatif (eau distillée) a été utilisé.
- Le pourcentage de germination a été enregistré après 3 jours d'incubation à température ambiante.

3.4.2. Test de croissance

L'effet sur la croissance post-germination a été mesuré :

- Le poids frais (PF), le poids sec (PS) et la longueur des plantules (LP) ont été relevés après traitement avec les extraits aux mêmes concentrations.
- Le papier filtre a été remplacé tous les 2 jours pour éviter la moisissure.



Figure 8. Test d'activité allélopathique (phytotoxicité).

3.5. L'activité anthelminthique :

De gros vers de terre (entre 4 et 6 cm) ont été récupérées à partir du sol humidifié au niveau d'un champ cultivé, et lavés au sérum physiologique (Sachin *et al.*, 2010). Les extraits sont également préparés à différentes concentrations : 10 mg/mL, 25 mg/mL. L'albendazole à 10 mg/mL a été utilisé comme témoin positif, en utilisant une solution de Tween 80 diluée à 2% dans l'eau distillée pour servir comme témoin négatif.

Paramètres mesurés :

- **Le temps de paralysé** : période pendant laquelle le parasite (vers) est paralysé par le médicament ou la substance anthelminthique. Il se caractérise par l'absence de mouvement, après une agitation violente.
- **Le temps de la mort** : est défini comme la période jusqu'à l'absence totale de motilité accompagnée d'une décoloration du corps.



Figure 9. Activité anthelminthique.

3.6. Analyse statistique

Toutes les expériences ont été réalisées en triplicata. Les données sont présentées sous forme de moyenne \pm écart-type. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide d'un test ANOVA suivi du test de LSD au seuil de 5%.



Résultats & Discussion

1. ANALYSES QUALITATIVE

Les résultats du screening phytochimique des extraits aqueux des feuilles et tiges du *R. lycioides* subsp. *oleoides* sont représentés sur le **Tableau 5**.

Parmi les composés identifiés, figurent :

Alcaloïdes : des composés souvent associés à des effets pharmacologiques importants, notamment sur le système nerveux. Des résultats positifs ont été obtenus sur les extraits des feuilles et des tiges avec trois réactifs différents, indiquant la présence de quantités significatives de ces composés.



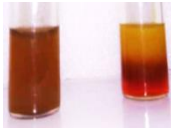
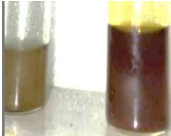
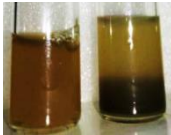
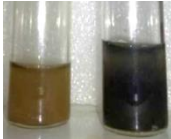
Flavonoïdes : Ces composés étaient clairement visibles lors de l'utilisation du réactif primaire, leur couleur virant au jaune, indiquant leur présence en grande quantité. Ces composés sont connus pour leurs propriétés antioxydantes.

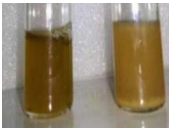
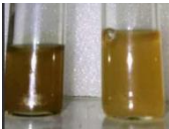

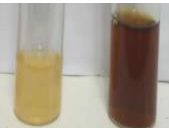
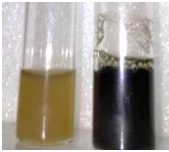
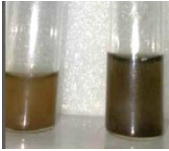
Saponines : Détectées par la formation d'une mousse stable de plus d'un centimètre de haut, ces composés naturels ont la capacité de tuer les parasites et sont utilisés en médecine traditionnelle comme antibiotiques et antiseptiques. Des glucides et des glycosides sont également présents dans tous les extraits. Ces composés sont bénéfiques pour les fonctions vitales des plantes et pourraient être biologiquement actifs.


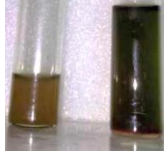
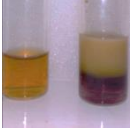
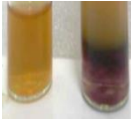

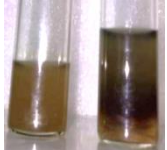
Cependant, les analyses des composés phénoliques, des tanins, des protéines et de l'amidon ont donné des résultats incertains, indiquant leur absence ou leur présence en très faibles quantités, non détectables par les réactifs utilisés.

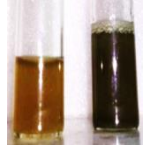
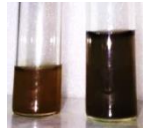

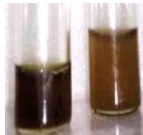
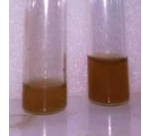
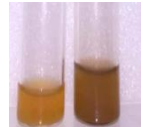
Nos résultats concordent partiellement avec ceux d'autres études sur des plantes du même genre, telles que (*R. alaternus*) et (*R. saxatilis*), qui ont montré une abondance de flavonoïdes et d'alcaloïdes (Rocchetti *et al.*, 2019 ; Nekkaa *et al.*, 2021).





Tableau 5 : Dépistage phytochimique des extraits aqueux de *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides*:

Composé phytochimique	Réactif utilisé	Résultat attendu	Résultat obtenu	Organe	Photo	Conclusion
<i>Alcaloïdes</i>	Réactif de Mayer	Couleur brun et précipité blanc	Couleur jaune et précipité blanc	Feuilles		+
				Tiges		+
<i>Alcaloïdes</i>	Réactif de Dragendorff	Précipité orange	Précipité orange brun	Feuilles		++
				Tiges		+
<i>Alcaloïdes</i>	Réactif de Wagner	Précipité brun	Précipité brun rougeâtre	Feuilles		+
				Tiges		-

<i>Flavonoïdes</i>	Réactif alcaline	Couleur jaune et précipité blanc	Couleur jaune profond vire vers le blanc progressivement	Feuilles		+
				Tiges		+
<i>Saponines</i>	Test de mousse	Mousse > 1cm	Mousse > 1cm	Feuilles		+
				Tiges		+
<i>Phénoliques/tannins</i>	Test de Ferric chloride	Vert foncé	Vert violet ou bleu	Feuilles		-
				Tiges		-

<i>Carbohydrates</i>	Réactif de Fehling	Couleur rouge et précipité rouge	Couleur rouge et précipité rouge	Feuilles		+
				Tiges		+
<i>Carbohydrates</i>	Molisch test	2 phases avec anneau rouge violacé à la jonction des deux liquides	2 phases avec anneau rouge violacé à la jonction des deux liquides	Feuilles		+
				Tiges		+
<i>Glycosides</i>	Réactif de keller kiliani	Couleur vert foncé	Couleur vert bleuâtre	Feuilles		+
				Tiges		+

<i>Amidon</i>	Lugol	Couleur violet	Couleur vert bleuâtre	Feuilles		–
				Tiges		–
<i>Protéines</i>	Biuret test	Brun color	Violet color	Feuilles		–
				Tiges		–
<i>Protéines</i>	Ninhydrin test.	Couleur violet	Couleur jaune sombre	Feuilles		–
				Tiges		–

<i>Stéroïde et terpénoïdes</i>	Réactif de Salkowski	Deux phases : couche supérieure jaune doré et couche inférieure rouge	Deux phases : couche supérieure jaune doré et couche inférieure rouge	Feuilles		+
				Tiges		+
<i>Triterpénoïdes</i>	Horizon test	Couleur jaune et précipité blanc	Couleur jaune	Feuilles		-
				Tiges		-

2. ANALYSES QUANTITATIVES

2.1. Analyse quantitative des phénols et des flavonoïdes :

Deux méthodes validées ont été utilisées pour mesurer les teneurs en composés phénoliques totaux (CPT) et en flavonoïdes totaux (FT) dans les extraits de *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides*. Les résultats sont illustrés dans la Figure 10.

On observe que l'extrait des feuilles présente une teneur significativement plus élevée en composés phénoliques totaux (28,59 $\mu\text{g GAE/mL}$) comparée à celle des tiges (18,46 $\mu\text{g GAE/mL}$). De même, pour les flavonoïdes totaux, les feuilles affichent également une concentration plus importante (5,77 $\mu\text{g QE/mL}$) par rapport aux tiges (4,78 $\mu\text{g QE/mL}$). Ces résultats suggèrent que les feuilles sont globalement plus riches en métabolites secondaires antioxydants que les tiges.

Cette richesse en composés phénoliques et flavonoïdes est particulièrement importante, car ces substances jouent un rôle essentiel dans la protection cellulaire contre le stress oxydatif. Elles agissent en piégeant les radicaux libres, contribuant ainsi à prévenir divers processus pathologiques. Cela explique en grande partie la valeur thérapeutique reconnue des plantes médicinales riches en antioxydants.

Par ailleurs, ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par Boussahel *et al.* (2015) dans une étude sur *Rhamnus alaternus*, où des teneurs élevées en composés phénoliques et flavonoïdes ont été observées, notamment dans les extraits obtenus à l'aide de solvants organiques tels que le méthanol. Cela met en évidence l'importance du choix du solvant dans l'efficacité de l'extraction, influençant à la fois la qualité et la quantité des composés bioactifs extraits.

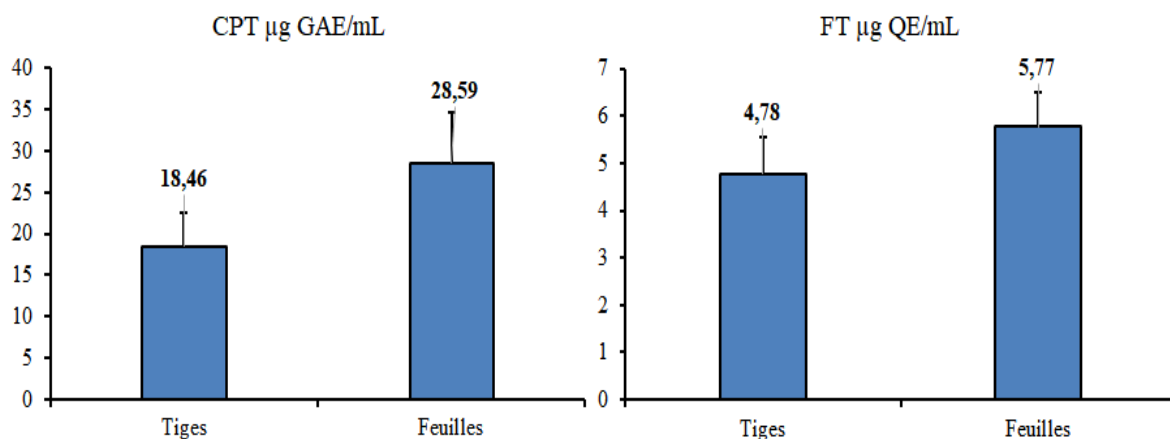


Figure 10. Teneur des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes totaux ($P=0.07$ et 0.18 respectivement).

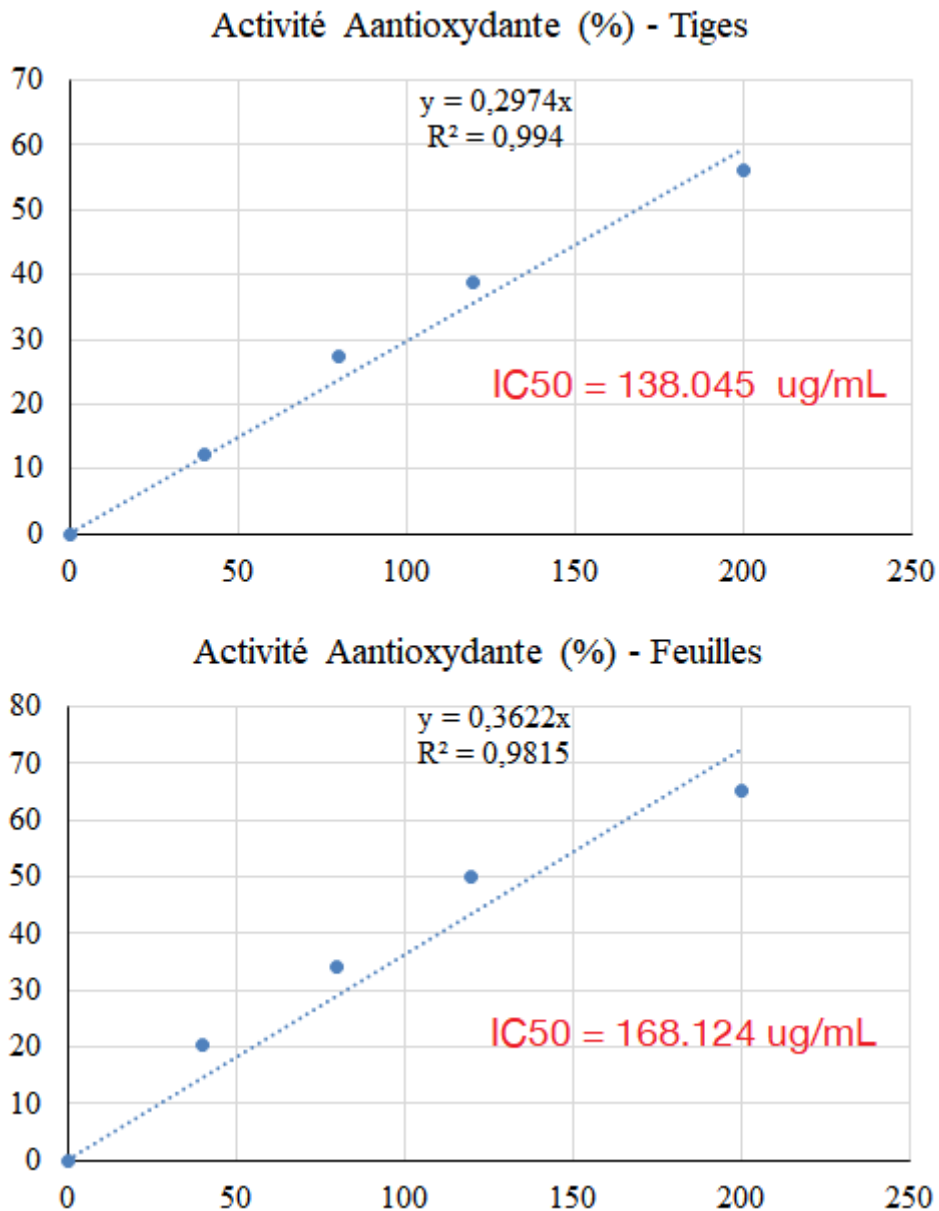


Figure 11. Activité antioxydante (%) des deux extraits.

2.2. Activité antioxydante :

L'activité antioxydante des extraits de *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* a été évaluée à l'aide du test DPPH, une méthode largement utilisée pour mesurer la capacité des composés à neutraliser les radicaux libres.

Les courbes de régression montrent une bonne linéarité pour les deux extraits, avec des coefficients de détermination (R^2) élevés : 0,994 pour les tiges et 0,9815 pour les feuilles (Figure 11).

La concentration inhibitrice 50 (CI₅₀), qui correspond à la concentration d'extrait nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux libres DPPH, a été calculée à partir des équations de régression. Les résultats montrent que l'extrait de tiges présente une meilleure activité antioxydante (CI₅₀ = 138,045 µg/mL) que celui des feuilles (CI₅₀ = 168,124 µg/mL), une différence qui peut sembler contradictoire au vu des teneurs plus élevées en composés phénoliques et flavonoïdes dans les feuilles.

Cela suggère que d'autres facteurs pourraient influencer l'activité antioxydante, tels que la nature des composés présents ou des effets synergiques spécifiques aux tiges. Dans l'ensemble, ces valeurs traduisent une activité antioxydante modérée, potentiellement bénéfique pour la prévention de pathologies liées au stress oxydatif comme les maladies cardiovasculaires ou certains cancers.

En comparaison, des études menées sur *Rhamnus pumila* et *Rhamnus intermedia* ont rapporté des CI₅₀ plus faibles, comprises entre 50 et 80 µg/mL (Alhanbali *et al.*, 2024), indiquant une activité antioxydante plus marquée. Ces différences peuvent être attribuées à des variations interspécifiques, aux conditions de culture ou aux protocoles d'extraction, qui influencent la composition chimique des extraits.

2.3. Activité allélopathique :

□ Effet des extraits sur la germination des graines de radis :

L'effet des extraits aqueux de *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* sur la germination a été évalué à l'aide de graines de radis. Comme le montre le **Tableau 6**, l'extrait de feuilles à 25 % a légèrement réduit le taux de germination à 90 %, contre 100 % dans le témoin non traité. Cette inhibition devient plus marquée avec les extraits de tiges, notamment à 10 % (80 %) et 25 % (83,33 %).

Ces résultats suggèrent que les extraits pourraient contenir des composés bioactifs ayant un effet phytotoxique, susceptibles d'interférer avec les processus de germination. Cette inhibition pourrait s'expliquer par une action sur les enzymes impliquées dans la croissance ou par une perturbation de l'absorption de l'eau par les graines.

Ainsi, l'activité inhibitrice observée dépend à la fois de la concentration de l'extrait et de l'organe végétal utilisé (feuilles ou tiges), les extraits de tiges semblant avoir un effet plus prononcé à concentrations élevées.

Tableau 6 : Effet des extraits aqueux du *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la germination du radis.

		Moyenne	DS	F	LSD
Sans traitement	Con	100 ^a	0	0,87	ns
Extrait de feuilles	1%	96,67 ^a	5,77		
	10%	90,00 ^a	0,00		
	25%	90,00 ^a	17,32		
Extrait de tiges	1%	90,00 ^a	0,00		
	10%	80,00 ^a	20,00		
	25%	83,33 ^a	20,82		

❑ *Effet des extraits sur la croissance des plantules :*

L'effet allélopathique potentiel des extraits aqueux de *R. lycioides* subsp. *oleoides* a été évalué sur trois espèces végétales : le radis, le blé et l'orge. Trois paramètres ont été mesurés : le poids frais (PF), le poids sec (PS) et la longueur de la plante (LP). Les résultats sont présentés dans les **Figures 12** (*radis*), **13** (*blé*) et **14** (*orge*).

De manière générale, on observe que l'application des extraits, qu'il s'agisse de feuilles (EF) ou de tiges (ET), a entraîné une réduction progressive et significative de ces trois paramètres à mesure que la concentration augmente (notamment à 0,1 % et 0,25 %). Cet effet est particulièrement visible pour, le blé, dont le poids sec chute nettement avec les extraits de tiges ; le radis, où la longueur des plantules est visiblement réduite ; l'orge, montrant une baisse homogène du poids sec et de la longueur (**Tableaux 7-9**).

Ces résultats suggèrent la présence de composés bioactifs dans *R. lycioides* capables d'inhiber la croissance des plantes voisines, un phénomène connu sous le nom d'allélopathie. Cette propriété est fréquente chez certaines plantes médicinales, telles que *Tagetes minuta* ou *Sorghum bicolor*, connues pour libérer des métabolites secondaires inhibant la germination ou la croissance des espèces compétitrices (Inderjit & Dakshini, 1992).

L'effet inhibiteur semble dépendre à la fois de la concentration de l'extrait et de la nature de l'organe végétal utilisé. Ces observations renforcent l'hypothèse selon laquelle *R. lycioides* pourrait exercer une influence écologique sur son environnement par la libération de composés allélopathiques.

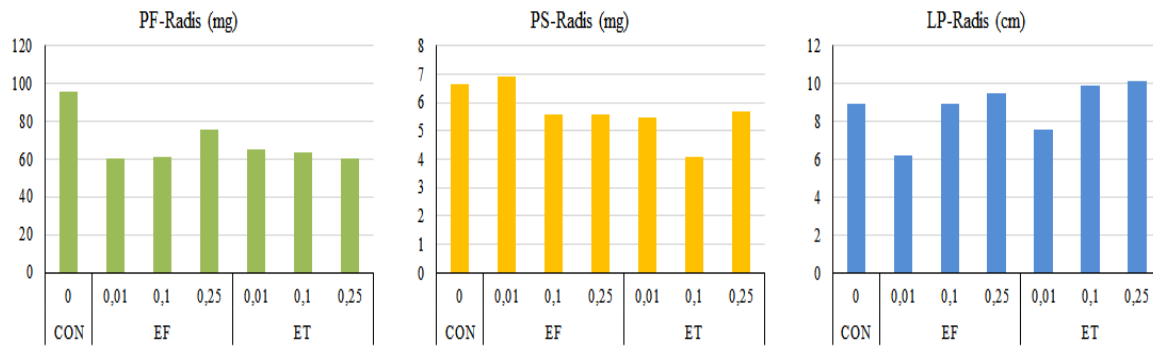


Figure 12. L'impact des extraits aqueux de *R. lycioides subsp. oleoides* sur la croissance du Radis.

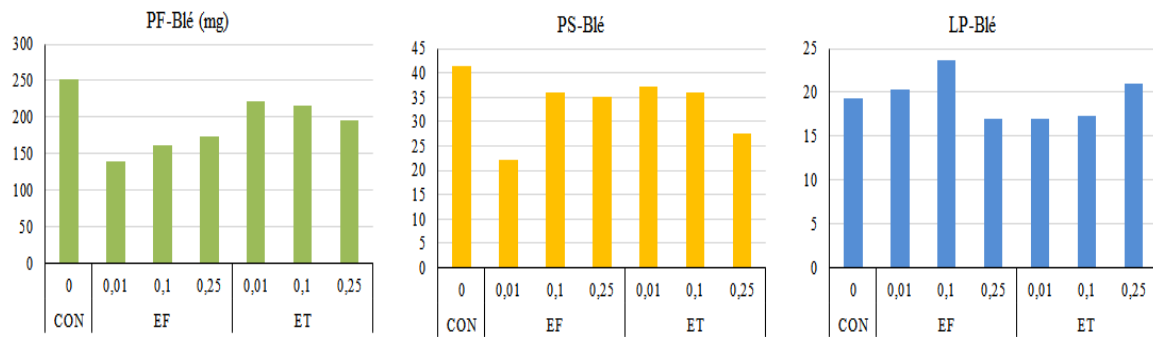


Figure 13. L'impact des extraits aqueux de *R. lycioides subsp. oleoides* sur la croissance du Blé.

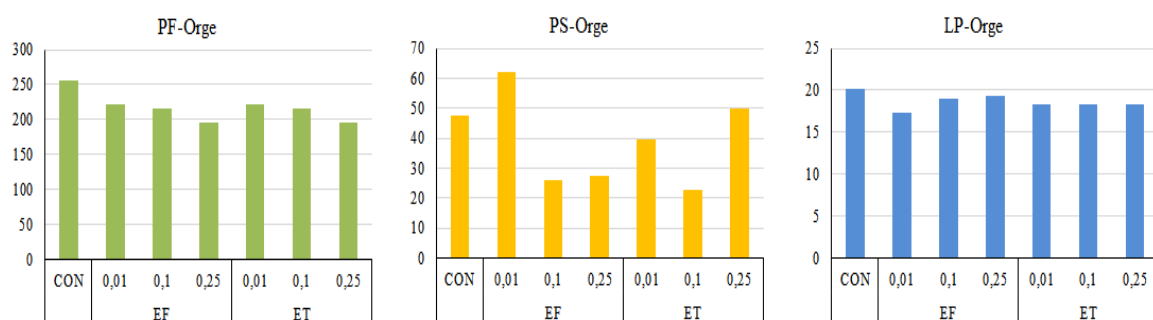


Figure 14. L'impact des extraits aqueux de *R. lycioides subsp. oleoides* sur la croissance du l'Orge.

Tableau 7 : Effet des extraits aqueux du *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la croissance du radis.

		PF (mg)		PS (mg)		LP (cm)	
		Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS
Sans traitement	Con	95,53 ^a	17,03	6,65	0,55	8,90	1,65
Extrait de feuilles	1%	60,03 ^b	7,31	6,90	2,70	6,17	1,15
	10%	61,00 ^b	5,04	5,60	1,00	8,90	1,85
	25%	75,10 ^b	15,19	5,57	1,10	9,47	0,81
Extrait de tiges	1%	65,07 ^b	8,76	5,47	0,96	7,53	0,50
	10%	63,57 ^b	12,14	4,10	0,46	9,93	2,10
	25%	60,03 ^b	2,20	5,70	0,85	10,17	2,08
F		4,27		1,5		2,48	
P-value		0,0119		0,2488		0,0761	
LSD 5%		20,43		-		-	

Tableau 8 : Effet des extraits aqueux du *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la croissance du Blé.

		PF (mg)		PS (mg)		LP (cm)	
		Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS
Sans traitement	Con	251,30 ^a	50,93	41,40	3,97	19,33	2,52
Extrait de feuilles	1%	138,73 ^{bc}	16,45	22,10	7,57	20,33	5,69
	10%	161,23 ^{abc}	14,64	36,10	9,28	23,67	1,15
	25%	174,53 ^{abc}	4,75	35,00	11,35	17,00	2,65
Extrait de tiges	1%	221,50 ^c	13,95	37,27	2,80	17,00	2,65
	10%	214,87 ^{bc}	44,98	36,00	10,08	17,33	7,23
	25%	195,83 ^{bc}	16,66	27,63	4,45	21,00	2,65
F		2,93		2,15		1,16	
P-value		0,0459		0,112		0,3823	
LSD 5%		76,77		ns		ns	

Tableau 9 : Effet des extraits aqueux du *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la croissance de l'orge.

		PF (mg)		PS (mg)		LP (cm)	
		Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS
Sans traitement	Con	255,67	51,54	47,73 ^{bcd}	6,13	20,17	4,25
Extrait de feuilles	1%	2121,97	51,46	62,23 ^{abc}	11,15	17,33	1,53
	10%	156,5	11,16	25,90 ^a	4,65	19,00	1,00
	25%	194,8	7,59	27,33 ^{cd}	3,96	19,33	1,15
Extrait de tiges	1%	221,5	13,95	39,63 ^{abc}	4,40	18,33	1,15
	10%	214,87	44,98	22,63 ^a	7,81	18,33	0,58
	25%	195,83	16,66	49,80 ^{ab}	26,12	18,33	1,53
F		2,41		4,76		0,64	
P-value		0,0825		0,0076		0,6952	
LSD 5%		ns		21,83		ns	

3. Activité antiproliférative:

Comme l'illustre la **Figure 15**, le traitement avec les différents extraits a entraîné une inhibition significative de la prolifération des cellules de levure, comparativement au témoin négatif (T-). Cette activité antiproliférative est particulièrement faible avec l'extrait foliaire à 25 % (EF25 %), qui atteint un pourcentage de viabilité cellulaire (PVC) de 84,95 %, proche de celui du témoin négatif (90,08 %). L'extrait foliaire à 10 % (EF10 %) présente cependant une bonne activité (75,21 %), surpassant les extraits de tige à 10 % (ET10 %, 78,23 %) et à 25 % (ET25 %, 77,18 %). En revanche, le témoin positif (T+) affiche une PVC nettement inférieure (64,48 %), confirmant l'effet inhibiteur des extraits.

Bien que des études spécifiques sur ces extraits soient encore limitées, des composés de la même famille, tels que l'émodine et le chrysophanol, ont démontré une activité cytotoxique notable sur des lignées cellulaires cancéreuses (Mouri *et al.*, 2014). Ces résultats suggèrent la présence potentielle de molécules bioactives dans les extraits testés, justifiant des investigations approfondies en vue d'une application comme agents anticancéreux.

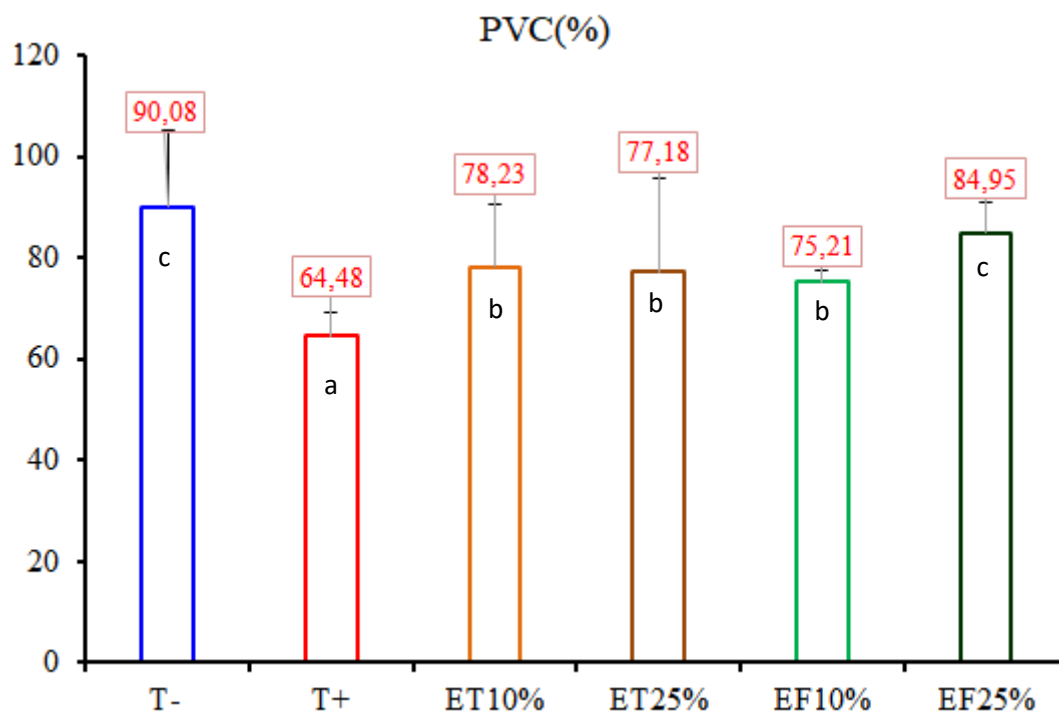


Figure 15. L'impact des extraits de *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la viabilité de la levure (F=22.5, P-value<0.0001, LSD5%=6,72)

4. Activité anthelminthique

Les extraits ont été testés sur des vers de terre vivants afin de déterminer leur effet anthelminthique ou antiparasitaire.

D'après le **Tableau 10** et la **Figure 16**, les extraits bruts (100 %) des feuilles et tiges ont provoqué une paralysie totale après respectivement 10 et 12 minutes de contact. Tandis qu'il induit la mort des vers après 30 et 27 minutes de contact des feuilles et tiges respectivement.

Les saponines et les alcaloïdes, connus pour leur capacité à affecter les membranes cellulaires et les nerfs, pourraient être à l'origine de cet effet rapide (Manjusa et Pradeep, 2022).

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus en utilisant des extraits d'*Azadirachta indica* et de *Calotropis procer* (Iqbal *et al.*, 2006), confirmant ainsi l'efficacité antiparasitaire de notre plante.

Tableau 10 : L'impact des extraits de *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la mobilité et la viabilité des vers de terre

	Temps pour la paralysie (min)	Temps pour la mort (min)
T-	Ind.	Ind.
T+	6	13
EF10%	Ind.	Ind.
ET10%	Ind.	Ind.
EF25%	Ind.	Ind.
ET25%	Ind.	Ind.
EF100%	10	30
ET100%	12	27



Figure 16. L'impact des extraits de *R. lycioides* subsp. *oleoides* sur la mobilité et la viabilité des vers de terre.



Conclusion

L'analyse phytochimique des extraits de feuilles et tiges de *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* révèle une richesse notable en composés phénoliques – en particulier des flavonoïdes – ainsi qu'en anthraquinones. Ce profil conforte les données décrivant le genre *Rhamnus* comme abondant en polyphénols antioxydants (anthraquinones, flavonoïdes). L'activité antioxydante (test DPPH) des extraits étudiés était modérée. Les essais allélopathiques ont mis en évidence une inhibition significative de la germination et de la croissance de plantes testées en présence des extraits, indiquant la présence d'effets allélopathiques. Ceci concorde avec les propriétés allélochiques déjà rapportées pour des espèces de *Rhamnus*. En outre, les extraits de *R. lycioides* subsp. *oleoides* ont réduit la viabilité de cellules de levure, attestant d'un effet antiprolifératif en ligne avec les activités anticancéreuses (antiprolifératives) documentées pour le genre *Rhamnus*. Un effet vermifuge a également été observé : les extraits ont induit la mortalité de larves de nématodes, confirmant leur potentiel anthelminthique, comme rapporté pour d'autres espèces de *Rhamnus*.



Références

- [1] Abbasi, B. A., Iqbal, J., Khan, Z., Ahmad, R., Uddin, S., Shahbaz, A., ... & Mahmood, T. (2021). Phytofabrication of cobalt oxide nanoparticles from *Rhamnus virgata* leaves extract and investigation of different bioactivities. *Microscopy Research and Technique*, 84(2), 192-201.
- [2] Abbasi, B. A., Iqbal, J., Zahra, S. A., Shahbaz, A., Kanwal, S., Rabbani, A., & Mahmood, T. (2020). Bioinspired synthesis and activity characterization of iron oxide nanoparticles made using *Rhamnus triquetra* leaf extract. *Materials Research Express*, 6(12), 1250e7.
- [3] Adamu, B. F., Gao, J., Xiangnan, Y., Tan, S., Zhao, H., & Jhatial, A. K. (2024). *Rhamnus prinoides* leaf extract loaded polycaprolactone-cellulose acetate nanofibrous scaffold as potential wound dressing: An in vitro study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, 134934.
- [4] Adamu, B. F., Gao, J., Xiangnan, Y., Tan, S., Zhao, H., & Jhatial, A. K. (2024). *Rhamnus prinoides* leaf extract loaded polycaprolactone-cellulose acetate nanofibrous scaffold as potential wound dressing: An in vitro study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, 134934.
- [5] Adamu, B. F., Gao, J., Yuan, X., Semanie, D. M., & Feysa, H. E. (2025). Antibacterial treated gauze fabric using Ethiopian indigenous *Croton macrostachyus* and *Rhamnus prinoides* leaf extract as potential wound dressing. *Journal of Coatings Technology and Research*, 22(1), 299-308.
- [6] Adamu, B. F., Gao, J., Yuan, X., Tan, S., Kumelachew, D. M., & Jhatial, A. K. (2024). In vitro analysis of electrospun nanofibrous polycaprolactone loaded with *Rhamnus prinoides* leaf extract as potential wound dressing. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(28), e55639.
- [7] Adamu, B. F., Gao, J., Yuan, X., Tan, S., Kumelachew, D. M., & Jhatial, A. K. (2024). In vitro analysis of electrospun nanofibrous polycaprolactone loaded with *Rhamnus prinoides* leaf extract as potential wound dressing. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(28), e55639.

- [8] Ait Atmane, S et al., 2025, Pharmacological Potentials of *Rhamnus alaternus* L. Stem Bark Extract: Antioxidant, Analgesic, Anti-Inflammatory and Wound Healing Effects. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5234361> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5234361>
- [9] Alagbe, J. O. (2024). Impact of dietary supplementation of *Rhamnus prinoides* leaf extract on the growth performance, nutrient retention and intestinal microbial count of “japanese quails”. *Brazilian Journal of Science*, 3(5), 40-50.
- [10] Alhanbali, I. A., Nazal, M. K., & Khalil, A. B. (2024). In-Vitro Antibacterial Screening of *Punica granatum* and *Rhamnus* sp. Extracts from Saudi Arabia. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(7), 9149-9163.
- [11] Amtaghri, S., Farid, O., Lahrach, N., Slaoui, M., & Eddouks, M. (2023). Antihyperglycemic effect of *Rhamnus alaternus* L. aqueous extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cardiovasc. Hematol. Disord. Drug Targets*, 22(4), 245-255.
- [12] Ayele, T. M., Abebe, E. C., Muche, Z. T., Agidew, M. M., Yimer, Y. S., Addis, G. T., ... & Zelalem, A. E. (2023). In vivo antidiarrheal activity of the crude extract and solvent fractions of *Rhamnus prinoides* (Rhamnaceae) leaves. *Heliyon*, 9(6).
- [13] Bashir, H., Sadia, S., Saddiqe, Z., Munir, M., Bai, X., Jia, M., & Ahmad, K. S. (2024). Application of microscopy and spectroscopy in investigating anti-cancer potential of *Achyranthes aspera* L. leaves. *Microscopy Research and Technique*, 87(5), 1031-1043.
- [14] Bellakhdar, J. (1997). *La pharmacopée marocaine traditionnelle : Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*. Ibis Press.
- [15] Benamar, H., Rarivoson, E., Tomassini, L., Frezza, C., Marouf, A., Bennaceur, M., & Nicoletti, M. (2019). Phytochemical profiles, antioxidant and anti-acetylcholinesterasic activities of the leaf extracts of *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides* (L.) Jahand. & Maire in different solvents. *Natural product research*, 33(10), 1456-1462.
- [16] Benzaid, C., Tichati, L., Trea, F., Rouabhia, M., & Ouali, K. (2021). *Rhamnus alaternus* aqueous extract enhances the capacity of system redox defence and protects hepatocytes against aluminum chloride toxicity in rats. *Clinical Phytoscience*, 7, 1-9.
- [17] Bogale, B. L., Adamu, T. B., Ayana, M. T., Kebede, W. W., & Fetene, T. (2025). Green and facile synthesis of silver nanoparticles (Ag NPs) using *Rhamnus prinoides* (Gesho) leaf extract for antibacterial, antioxidant and photocatalytic activities. *Next Nanotechnology*, 7, 100163.
- [18] Bouhleb Chatti, I., Ben Toumia, I., Krichen, Y., Maatouk, M., Chekir Ghedira, L., & Krifa, M. (2022). Assessment of *Rhamnus alaternus* leaves extract: Phytochemical characterization and antimelanoma activity. *Journal of medicinal food*, 25(9), 910-917.

- [19] Bouhleb, I., Kosksi, T., Selmi, S., Selmi, A., Rejeb, M., Debbabi, N., ... & Chekir Ghedira, L. Antioxidant, Antigenotoxic and Anti-inflammatory Properties of Rhamnus alaternus Leaves Extract Against Ethanol-induced Liver Injury in Rat Model. *Chemistry & Biodiversity*, e202500115.
- [20] Boussahel, S., Boussahel, R., Djeridane, A., Yousfi, M., & Nadjemi, B. (2015). Phytochemical composition and antioxidant activity of Rhamnus alaternus extracts obtained by different solvents. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(2), 397–403.
- [21] Campbell, M., Fathi, R., Cheng, S. Y., Ho, A., & Gilbert, E. S. (2020). Rhamnus prinoides (gesho) stem extract prevents co-culture biofilm formation by *Streptococcus mutans* and *Candida albicans*. *Letters in Applied Microbiology*, 71(3), 294-302.
- [22] Chen, G. L., Muniyao Mutie, F., Xu, Y. B., Saleri, F. D., Hu, G. W., & Guo, M. Q. (2020). Antioxidant, anti-inflammatory activities and polyphenol profile of Rhamnus prinoides. *Pharmaceuticals*, 13(4), 55.
- [23] Dar, R. A., Shahnawaz, M., Ahanger, M. A., & Majid, I. U. (2023). Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal plants: a review. *J. Phytopharm*, 12(3), 189-195.
- [24] Eo, H. J., & Park, G. H. (2022). Rhamnus crenata leaf extracts exhibit anti-inflammatory activity via modulating the Nrf2/HO-1 and NF-κB/MAPK signaling pathways. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 12(10), 430-436.
- [25] Gadouche, L., Zerrouki, K., Zidane, A., Ababou, A., Elazaar, I. B., Merabet, D., ... & Ikhlef, S. (2022). Genoprotective, antimutagenic, and antioxidant effect of methanolic leaf extract of Rhamnus alaternus L. from the Bissa mountains in Algeria. *Foods and Raw Materials*. 2022;10(2)
- [26] Habtemariam, A. B., & Alemu, Y. (2021). Synthesis of WO₃ nanoparticles using Rhamnus prinoides leaf extract and evaluation of its antibacterial activities. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 12(1), 529-536.
- [27] Habtemariam, A. B., & Bekele, E. (2022). Facile synthesis of nickel oxide nanoparticles using Rhamnus prinoides leaf extract and evaluation of its antibacterial activities. *Regenerative Engineering and Translational Medicine*, 8(3), 482-488.
- [28] Iqbal, J., Abbasi, B. A., Ahmad, R., Mahmoodi, M., Munir, A., Zahra, S. A., ... & Capasso, R. (2020). Phytogetic synthesis of nickel oxide nanoparticles (NiO) using fresh leaves extract of Rhamnus triquetra (wall.) and investigation of its multiple in vitro biological potentials. *Biomedicines*, 8(5), 117.

- [29] Kamau, J. K., Ngugi, M. P., & Ngeranwa, J. N. (2025). Anti-arthritic potential and mechanistic insights of methanol extract of *Rhamnus prinoides* Engl. in complete Freund's adjuvant-induced rats. *Inflammopharmacology*, 1-17.
- [30] Kamau, S. W., Ngugi, M. P., Mwitari, P. G., & Njeru, S. N. (2024). Network pharmacology, molecular docking and experimental approaches of the anti-proliferative effects of *Rhamnus prinoides* ethyl-acetate extract in cervical cancer cells. *Heliyon*, 10(17).
- [31] Kim, H. O., Shin, K. R., Jang, B. C., & Kim, Y. C. (2020). Action mechanism of anti-wrinkle effect of *Rhamnus yoshinoi* methanol extract in human dermal fibroblast and keratinocyte cell lines. *Toxicological Research*, 36, 69-77.
- [32] Longo, L., Vasapollo, G., & Rescio, L. (2005). Identification of anthocyanins in *Rhamnus alaternus* L. berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1723-1727.
- [33] Mahmoodi, S., Taleghani, A., Akbari, R., & Mokaber-Esfahani, M. (2022). *Rhamnus pallasii* subsp. *sintensisii* fruit, leaf, bark and root: Phytochemical profiles and biological activities. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(7), 103924.
- [34] Manjusa, A., & Pradeep, K. (2022). Herbal anthelmintic agents: a narrative review. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 42(4), 641.
- [35] Meng, X., Ren, K., Liu, X., Lyu, C., Jung, H. W., Zhang, Y., & Zhang, S. (2024). Efficacy of *Rhamnus utilis* Decne. Aqueous extract in mice with acute alcoholic liver injury and metabolomic study. *Heliyon*, 10(12).
- [36] Mengie Ayele, T., Abebe, E. C., Muche, Z. T., Agidew, M. M., Yimer, Y. S., Addis, G. T., ... & Zelalem, A. E. (2022). In-vivo antidiarrheal activity: From the crude extract and solvent fractions of *Rhamnus prinoides* (Rhamnaceae) leaves. *bioRxiv*, 2022-09.
- [37] Mouri, A., Lee, H. J., Mamiya, T., Kawatani, M., Tanaka, T., Iwazaki, N., ... & Nabeshima, T. (2014). Emodin attenuates memory impairment and oxidative stress in Alzheimer's disease model mice. *Neuroscience Letters*, 577, 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.06.028>
- [38] Nayyeri, S., Azadbakht, M., Chabra, A., Asgarirad, H., Akbari, J., Davoodi, A., ... & Babaei, A. H. (2020). Antibacterial activities of gel containing 5% hydroalcoholic extract of *Rhamnus cathartica* L. bark. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 29(182), 106-110.
- [39] Nekkaa, A., Benaissa, A., Dupire, F., Risler, A., Mutelet, F., & Canabady-Rochelle, L. (2023). Green and innovative extraction of polyphenols from *Rhamnus alaternus* using

- natural deep eutectic solvents and evaluation of their bioactivities. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 35, 100503.
- [40] Nekkaa, A., Benaissa, A., Lalaouna, A. E., Mutelet, F., & Canabady-Rochelle, L. (2021). Optimization of the extraction process of bioactive compounds from *Rhamnus alaternus* leaves using Box-Behnken experimental design. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 25, 100345.
- [41] Nekkaa, A., Benaissa, A., Mutelet, F., & Canabady-Rochelle, L. (2021). *Rhamnus alaternus* plant: Extraction of bioactive fractions and evaluation of their pharmacological and phytochemical properties. *Antioxidants*, 10(02), 300.
- [42] Nigussie, G., Melak, H., & Annisa, M. E. (2021). Traditional medicinal uses, phytochemicals, and pharmacological activities of genus *Rhamnus*: A review. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 8(3), 899-932.
- [43] Panth, P., & Mansoori, M. H. (2020). Quantitative Tests for Preliminary Phytochemical Analysis. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development—Volume 6 Issue 1*. 328-342. DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834>
- [44] Petrovska, B. B. (2012). Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy Reviews*, 6(11), 1-5.
- [45] Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Eds. du Centre Nat. de la Recherche Scientifique.
- [46] Rony Varughese, R. M., Pathoor, N. N., Ranganathan, P., & Ganesh, P. S. (2025). Efficacy of *Rhamnus frangula* extract against *Acinetobacter baumannii* biofilms: Histopathological evidence from ex vivo goat models. *World Academy of Sciences Journal*, 7(3), 1-10.
- [47] Sachin, C., Arvind, N., & Vinesh, D. (2010). The study of in vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some medicinal plants in chamoli garhwal region. *Pharmacognosy Journal*, 2(12), 481-485.
- [48] Sarikurkcü, C., Zengin, G., Uysal, S., et al. (2019). Phytochemical profile and biological activity of *Rhamnus oleoides* subsp. *graeca*: A valuable source of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products*, 129, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.008>
- [49] Silva Souza, K., da Cunha Neto, A. R., Chagas-Paula, D. A., Barbosa, S., da Silva, G. A., & Calvelli, J. V. B. (2025). Phytotoxicity and cytogenotoxic effects of extracts from the medicinal bark of *Rhamnus purshiana* DC. (Rhamnaceae). *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 1-13.

- [50] Swathi, N., Kumar, A. G., Parthasarathy, V., & Sankarganesh, P. (2024). Isolation of Enteromorpha species and analyzing its crude extract for the determination of in vitro antioxidant and antibacterial activities. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(3), 3753-3762.
- [51] Tacherfiout, M., Petrov, P. D., Mattonai, M., Ribechini, E., Ribot, J., Bonet, M. L., & Khettal, B. (2018). Antihyperlipidemic effect of a *Rhamnus alaternus* leaf extract in Triton-induced hyperlipidemic rats and human HepG2 cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 101, 501-509
- [52] Tessema, Z., & Molla, Y. (2021). Evaluation of the wound healing activity of the crude extract of root bark of *Brucea antidysentrica*, the leaves of *Dodonaea angustifolia* and *Rhamnus prinoides* in mice. *Heliyon*, 7(1).
- [53] Tichati, L., Benzaid, C., Trea, F., Mahmoud, R., & Kheireddine, O. (2022). Ameliorating effects of *Rhamnus alaternus* L. aqueous extract on aluminum chloride-induced nephrotoxicity via attenuation of oxidative stress in male Wistar rats. *Comparative Clinical Pathology*, 31(6), 1025-1036.
- [54] Tsai, C. H., Liou, Y. L., Li, S. M., Liao, H. R., & Chen, J. J. (2024). Antioxidant, Anti- α -Glucosidase, Anti-Tyrosinase, and Anti-Acetylcholinesterase Components from Stem of *Rhamnus formosana* with Molecular Docking Study. *Antioxidants*, 14(1), 8
- [55] Tsahar, E., Friedman, J., & Izhaki, I. (2002). Impact on fruit removal and seed predation of a secondary metabolite, emodin, in *Rhamnus alaternus* fruit pulp. *Oikos*, 99(2), 290-299.
- [56] Wikipedia @1 : https://en.wikipedia.org/wiki/Rhamnus_lycioides consulté le 15/05/2025.
- [57] Zeouk, I., & Bekhti, K. (2020). A critical overview of the traditional, phytochemical and pharmacological aspects of *Rhamnus alaternus*: A Mediterranean shrub. *Advances in Traditional Medicine*, 20(1), 1-11.
- [58] Zeouk, I., Ouedrhiri, W., Jiménez, I. A., Lorenzo-Morales, J., Bazzocchi, I. L., & Bekhti, K. (2020). Intra-combined antioxidant activity and chemical characterization of three fractions from *Rhamnus alaternus* extract: Mixture design. *Industrial Crops and Products*, 144, 112054.