



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
- جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان -



Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, et Sciences de la terre et de
l'Univers
Département de Biologie

LABORATOIRE

Antibiotiques, Antifongiques : Physico-chimie,
Synthèse et Activité Biologique

MÉMOIRE

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

EN : Sciences biologique

Spécialité : Biochimie

Par : Melle DERFOUF Ibtissame

Sujet

**Etude des propriétés antimicrobienne et antioxydante de la partie
aérienne de *Zygophyllum geslini***

Soutenu le 28/06/2026 devant le jury composé de :

Présidente : Mme BOUCHERIT Zahia	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur: Mr CHAOUICHE Mohamed Tarik	Professeur	Université de Tlemcen
Encadrante: Mme MEDJDOUB Houria	MCA	Université de Tlemcen

Année Universitaire : 2025/2026

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية البيولوجية لنبات *Zygophyllum geslini* من خلال دراسة نشاطه المضاد للأكسدة والمضاد للميكروبات. تم تحضير مستخلصات النبات باستعمال مذيبات مختلفة، ثم أُجريت عليها اختبارات كيميائية نباتية للكشف عن أهم المركبات الثانوية الفعالة. أظهرت النتائج وجود نشاط مضاد للأكسدة في المستخلصات المدروسة، مع اختلاف مستوى هذا النشاط حسب نوع المستخلص والتركيز المستعمل. وقد أظهر اختبار القدرة الاختزالية للحديد (FRAP) قيم $50EC = 0.01 \pm 0.43$ ملغ/مل للمستخلص المائي و 0.01 ± 0.47 ملغ/مل للمستخلص الإيثانولي. كما أظهر اختبار DPPH نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى للمستخلص الإيثانولي ($50IC = 0.03 \pm 1.09$ ملغ/مل) مقارنة بالمستخلص المائي ($50IC = 0.19 \pm 8.46$ ملغ/مل). وقد قُدرت السعة الكلية المضادة للأكسدة (CAT) بـ 57.22 ± 20.71 للمستخلص المائي و 12.04 ± 42.00 للمستخلص الإيثانولي.. أما فيما يخص النشاط المضاد للميكروبات، فقد أُجريت اختبارات على بعض السلالات البكتيرية والخمائر، إلا أن النتائج لم تُظهر نشاطاً مضاداً للميكروبات في الظروف والتركيزات المدروسة. بناءً على النتائج المتحصل عليها، يمكن اعتبار هذا النبات مصدراً طبيعياً واعدّاً للمركبات ذات النشاط المضاد للأكسدة، مما يستدعي إجراء دراسات إضافية لتوسيع البحث حول خصائصه البيولوجية وتطبيقاته المحتملة في المجالات الصيدلانية والطبية.

الكلمات المفتاحية: *Zygophyllum geslini*، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروبات، المستخلص المائي، المستخلص الإيثانولي.

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'activité biologique de la plante *Zygophyllum geslini* à travers l'étude de son activité antioxydante et antimicrobienne. Des extraits de la plante ont été préparés à l'aide de différents solvants, puis des tests ont été réalisés.

Les résultats ont montré la présence d'une activité antioxydante dans les extraits étudiés, avec une variation du niveau d'activité selon le type d'extrait et la concentration utilisée. L'activité réductrice (FRAP) a révélé des valeurs d' EC_{50} de $0,43 \pm 0,01$ mg/mL pour l'extrait aqueux et de $0,47 \pm 0,01$ mg/mL pour l'extrait éthanolique. Le test DPPH a montré une meilleure activité de l'extrait éthanolique ($IC_{50} = 1,09 \pm 0,03$ mg/mL) par rapport à l'extrait aqueux ($IC_{50} = 8,46 \pm 0,19$ mg/mL). Le contenu en antioxydants totaux (CAT) a été estimé à $57,22 \pm 20,71$ mg EAA/g pour l'extrait aqueux et à $42,00 \pm 12,04$ mg EAA/g pour l'extrait éthanolique. Concernant l'activité antimicrobienne, des tests ont été effectués sur plusieurs souches bactériennes et levures, mais aucun effet inhibiteur n'a été observé dans les conditions et concentrations étudiées.

Sur la base des résultats obtenus, *Zygophyllum geslini* peut être considéré comme une source naturelle prometteuse de composés à activité antioxydante, ce qui nécessite des études complémentaires afin d'approfondir ses propriétés biologiques et d'explorer ses applications potentielles dans les domaines pharmaceutique et médical.

Mots clés : *Zygophyllum geslini*, activité antioxydante, activité antimicrobienne, extrait aqueux, extrait éthanolique

Abstract

This study aims to evaluate the biological activity of the plant *Zygophyllum geslini* by investigating its antioxidant and antimicrobial activities. Plant extracts were prepared using different solvents, and tests were carried out.

The results demonstrated the presence of antioxidant activity in the studied extracts, with variations depending on the type of extract and the concentration used. The ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay revealed EC_{50} values of 0.43 ± 0.01 mg/mL for the aqueous extract and 0.47 ± 0.01 mg/mL for the ethanolic extract. The DPPH assay showed a higher antioxidant activity for the ethanolic extract ($IC_{50} = 1.09 \pm 0.03$ mg/mL) compared with the aqueous extract ($IC_{50} = 8.46 \pm 0.19$ mg/mL). The total antioxidant capacity (TAC) was estimated at 57.22 ± 20.71 mg AAE/g extract for the aqueous extract and 42.00 ± 12.04 mg AAE/g for the ethanolic extract.

Regarding antimicrobial activity, tests were performed against several bacterial strains and yeasts; however, no inhibitory effect was observed under the tested conditions and concentrations.

Based on the obtained results, *Zygophyllum geslini* can be considered a promising natural source of compounds with antioxidant activity, which requires further studies to better understand its biological properties and to explore its potential applications in the pharmaceutical and medical fields.

Keywords: *Zygophyllum geslini*, antioxidant activity, antimicrobial activity, aqueous extract, ethanolic extract

Remerciements

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant de nous avoir données la santé, la patience, la puissance et la volonté pour réaliser ce mémoire.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à MEDJDOUB Houria pour son encadrement bienveillant, sa patience, ses précieux conseils et, surtout, pour la confiance qu'il m'a accordée tout au long de ce travail. Ses remarques pertinentes et son accompagnement m'ont permis de progresser et de structurer mes idées avec clarté.

J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury, Mme BOUCHERIT Zahia, Professeure au Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider ce jury, ainsi qu'à Mr CHAOUCHE Mohammed Tarik, Professeur au Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour l'intérêt qu'elle lui a porté.

Je tiens à remercier Melle Benatia Fatima Zahra, Doctorante au département de Biologie pour ses efforts, son dévouement, sa disponibilité et son précieux soutien tout au long de ce travail.

Je remercie également tous les enseignants et intervenants rencontrés durant mon cursus pour la richesse de leur enseignement et leur engagement. Grâce à eux, j'ai pu élargir mes connaissances et forger un esprit critique.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Ma première gratitude va au tout-puissant ALLAH qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

À moi-même, Pour n'avoir jamais abandonné et pour avoir toujours cru en mes capacités.
Ce mémoire est le fruit de mes efforts, de ma persévérance et de ma détermination.

À mon cher père, **DERFOUF Bouziane**, Qui a toujours été mon pilier, ma force silencieuse et ma source de courage. Ses sacrifices, sa patience et son soutien inconditionnel m'ont guidée et encouragée tout au long de mon parcours, même dans les moments les plus difficiles.
Je lui dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance, d'amour et de profond respect.
Que Dieu le protège et lui accorde santé et longue vie.
Avec tout mon amour.

À celle grâce à qui je suis ici aujourd'hui, à celle qui m'a toujours encouragée et soutenue dans cette étape de ma vie, À ma chère maman **HAMMANE fouzia**, Je te dédie ce modeste travail en témoignage de mon amour et de ma profonde gratitude. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi, pour tes sacrifices et ton soutien inconditionnel Je t'aime infiniment.

À mes chers frères, **Zouheir et Mohamed**, Je vous souhaite une vie remplie de bonheur, de réussite et de joie. Que Dieu vous protège toujours et vous accorde le succès dans tout ce que vous entreprenez.
Je vous remercie pour votre présence, votre soutien et votre affection.
Avec tout mon amour.

À celui que je n'ai jamais oublié à mon cher grand-père **Omar** Même si les années passent, tu restes présent dans ma mémoire et dans mon âme. Ton souvenir m'accompagne chaque jour et ne s'effacera jamais.
Que Dieu t'accorde Sa miséricorde et t'ouvre les portes de Son vaste paradis. Repose en paix.

À **ma chère grand-mère**, Je te souhaite une vie remplie de bonheur, de santé, de sérénité et de joie. Que Dieu te protège, te garde toujours à nos côtés et t'accorde une longue vie pleine de bénédictions.

celle qui s'apprête à rejoindre notre famille, **la fiancée de mon frère** et bientôt une sœur pour moi,
Je te souhaite une vie remplie de bonheur, d'amour, de réussite et de sérénité. Que chaque jour t'apporte joie, épanouissement.

À **mes chères amies**, en souvenir des beaux moments partagés, pour leur amitié sincère, leur écoute, leur soutien et leurs encouragements précieux tout au long de mon parcours. Elles se reconnaîtront sans que leurs noms soient cités.

À tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, je vous adresse mes sincères remerciements .

Table de matières

Introduction Générale.....	1
Partie expérimentale	3
Matériel et méthodes.....	4
1. Objectif :.....	5
2. Matériel végétal :.....	5
3. Extraction :	5
Extraction par dichloroforme :	5
3.2.Extraction par acétone :	5
3.3. Extraction par éthanol :.....	5
3.4. Extraction par eau distillé :	6
❖ Rendement d'extraction :	6
4- Evaluation de l'activité antioxydante :	6
4.1. Test réduction de fer (FRAP) :.....	6
4.2. Réduction du DPPH :.....	7
4.3.Evaluation de la capacité antioxydante totale (CAT) :.....	8
Résultats & Discussion.....	9
1. Extraction :	10
2. Activité antioxydante de la partie aérienne de <i>Zygophyllum geslini</i>	10
Conclusion Générale	18
Références bibliographiques	20

Liste des figures

Figure 1: Réduction du fer par l'extraits aqueux et éthanolique	11
Figure 2: Réduction du fer par l'acide ascorbique	11
Figure 3: Effet réducteur des extraits aqueux et éthanolique sur le DPPH	13
Figure 4: Effet réducteur de l'acide ascorbique sur le DPPH	13
Figure 5: Courbe d'étalonnage de la CAT de l'acide ascorbique	15

Liste de tableaux

Tableau 1: Rendement d'extraction par les différents solvants	10
Tableau 2: Valeurs calculées des EC_{50} (Pouvoir réducteur de fer)	12
Tableau 3 : Valeurs calculées des IC_{50} (Réduction du DPPH)	14
Tableau 4: Capacité antioxydante totale des extraits aqueux et éthanolique.....	16

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique
ABTS : Acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)
BHA : Butylhydroxyanisole
BHT : Butylhydroxytoluène
BMH : Bouillon Mueller-Hinton
BS / SL : Bouillon Sabouraud / Sabouraud Liquide
CAT : Capacité Antioxydante Totale (*ou enzyme Catalase, selon le contexte du test*)
CMI : Concentration Minimale Inhibitrice
DMSO : Diméthylsulfoxyde
DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
EAA : Équivalents d'Acide Ascorbique
ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène
FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power (Pouvoir antioxydant réducteur du fer)
GPx / Se-GPx : Glutathion Peroxydase (sélénio-dépendante)
GSH : Glutathion réduit
GSSG : Glutathion oxydé
IC50 : Concentration Inhibitrice à 50 %
LDL : Low-Density Lipoproteins (Lipoprotéines de basse densité)
M.C.A : Maître de Conférences Classe A
MPO : Myéloperoxydase
MS : Matière Sèche
NADPH ox : Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate oxydase
NOS : Nitric Oxide Synthase (NO-Synthase)
PG : Gallate de propyle
RAM : Résistance aux Antimicrobiens
RL : Radicaux Libres
ROS : Reactive Oxygen Species (Espèces réactives de l'oxygène)
SNV-STU : Sciences de la Nature et de la Vie - Sciences de la Terre et de l'Univers
SOD : Superoxyde Dismutase
TBHQ : Tert-Butylhydroquinone
TCA : Acide Trichloracétique
TTC : Chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium (Rouge tétrazolium)
UFC : Unité Formant Colonie
UV : Ultraviolet
Vit C / Vit E : Vitamine C / Vitamine E
XO : Xanthine Oxydase
8-OH-dG : 8-hydroxy-2'-désoxyguanosine

Introduction Générale

Depuis des millénaires, les plantes médicinales occupent une place essentielle dans les systèmes de santé traditionnels à travers le monde. Elles constituent une source inépuisable de métabolites secondaires bioactifs, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les terpènes et les saponines, auxquels sont attribuées de nombreuses propriétés pharmacologiques (Wink, 2015). Aujourd'hui, malgré les progrès considérables de la médecine moderne, les plantes médicinales continuent de susciter un intérêt croissant dans la recherche scientifique en raison de leur richesse chimique, de leur disponibilité et de leur potentiel dans le développement de nouvelles molécules thérapeutiques (Zhang et al., 2023).

Parmi les activités biologiques les plus étudiées figurent les activités antioxydante et antimicrobienne. Le stress oxydatif, résultant d'un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes de défense antioxydants de l'organisme, est impliqué dans la physiopathologie de nombreuses maladies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, le diabète, les cancers et les maladies neurodégénératives. Les composés antioxydants d'origine végétale contribuent à neutraliser ces radicaux libres, limitant ainsi les dommages oxydatifs au niveau des biomolécules telles que les lipides, les protéines et l'ADN (Sharifi-Rad et al., 2020 ; Sies et Jones, 2020).

Parallèlement, l'émergence et la propagation des microorganismes résistants aux antibiotiques représentent aujourd'hui un problème majeur de santé publique à l'échelle mondiale. Cette situation encourage la recherche de nouvelles substances antimicrobiennes d'origine naturelle, capables d'inhiber la croissance des bactéries et des champignons pathogènes tout en présentant une faible toxicité. Les extraits végétaux, riches en composés bioactifs, constituent ainsi une alternative prometteuse pour le développement de nouveaux agents antimicrobiens (WHO, 2023).

Dans ce contexte, *Zygophyllum geslini* (Zygophyllacées) représente une espèce particulièrement intéressante. Endémique des régions sahariennes d'Algérie, cette plante est largement utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses affections. Plusieurs études rapportent qu'elle possède une richesse importante en composés phénoliques et en autres métabolites secondaires susceptibles de lui conférer des activités biologiques variées, notamment des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et cytoprotectrices (Medjdoub, 2013). Toutefois, malgré ces résultats encourageants, ses propriétés biologiques demeurent encore insuffisamment explorées, ce qui justifie la poursuite

des investigations scientifiques afin de mieux caractériser son potentiel thérapeutique (Bakhtaoui et al., 2014).

La famille des Zygophyllacées regroupe de nombreuses espèces médicinales largement utilisées en médecine traditionnelle en raison de leurs nombreuses propriétés thérapeutiques. Les investigations phytochimiques et pharmacologiques réalisées sur ces plantes ont mis en évidence une grande diversité d'activités biologiques, notamment des effets antioxydants, antimicrobiens, anti-inflammatoires, antidiabétiques et cytotoxiques. Ainsi, *Zygophyllum eichwaldii* est reconnue pour ses propriétés antiseptiques, anti-eczémateuses, antidiabétiques, antibactériennes et antifongiques (Sasmakov *et al.*, 2001). De même, *Zygophyllum coccineum*, espèce répandue dans les régions méditerranéennes, est traditionnellement utilisée pour le traitement du rhumatisme, de la goutte et de l'hypertension artérielle (Saber et El-Moghazy, 1960), ainsi que dans la prise en charge du diabète (Ayad, 2008). Parmi les espèces les plus étudiées figure *Zygophyllum geslini*, une plante utilisée en médecine traditionnelle contre le diabète. Plusieurs travaux ont démontré son activité cytotoxique (Smati *et al.*, 1993 ; Smati, 2004 ; Medjdoub *et al.*, 2012), son fort potentiel antioxydant ainsi que sa capacité à inhiber l'activité de l' α -amylase, mettant en évidence son intérêt comme source de molécules bioactives susceptibles de contribuer à la prévention et au traitement du diabète (Boudjelthia *et al.*, 2017).

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail de recherche. Cette étude porte sur l'évaluation des activités biologiques de *Zygophyllum geslini*, en mettant particulièrement l'accent sur son potentiel antioxydant et son activité antimicrobienne. L'activité antioxydante a été évaluée à l'aide de différentes méthodes complémentaires permettant d'apprécier le pouvoir réducteur et la capacité de piégeage des radicaux libres des extraits végétaux. L'activité antimicrobienne a été étudiée vis-à-vis de plusieurs souches bactériennes et fongiques afin d'évaluer leur sensibilité aux extraits de la plante.

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Objectif :

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein du laboratoire de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV-STU) de l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. Elle a pour objectif d'évaluer les activités antimicrobienne et antioxydante des extraits de la plante *Zygophyllum geslini*, afin de mettre en évidence son potentiel biologique et thérapeutique.

2. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé au cours de notre étude est constitué de la partie aérienne de *Zygophyllum geslini* (tiges, feuilles et fleurs), récoltée durant le mois de mars 2026 dans la région d'Ougrout, située à 120 km au nord-est de Adrar, au sud-ouest de Algérie. Après la récolte, le matériel végétal a été séché à l'air libre, à l'abri de la lumière et de la chaleur, puis broyé. La poudre obtenue a ensuite été conservée à l'abri de l'humidité jusqu'à son utilisation pour les différentes étapes d'extraction.

3. Extraction :

L'extraction se fait à chaud par décoction. Sur un même échantillon végétal on réalise une série d'extractions avec quatre solvants d'ordre de polarité croissant. On effectue sur un même échantillon végétal une série d'extractions avec quatre solvants dont la polarité augmente progressivement.

3.1. Extraction par dichloroforme :

À 10 g de matière végétale, 100 mL de dichlorométhane ont été versés dans un ballon rodé, puis le réfrigérant a été installé sur l'ensemble du dispositif. L'extraction a été réalisée en changeant le solvant trois fois afin d'assurer une meilleure récupération des composés.

3.2. Extraction par acétone :

En suivant le même protocole décrit précédemment pour la dichloroforme, nous avons remplis le ballon par 100ml d'acétone tout en gardant le même matériel végétal. Le solvant a été renouvelé 3 fois.

3.3. Extraction par éthanol :

Remplacer le solvant précédant par l'éthanol (100ml) et suivre les mêmes étapes de l'extraction. Le solvant a été renouvelé 3 fois. L'extrait éthanolique est récupéré et évaporé et conservé jusqu'à utilisation.

3.4. Extraction par eau distillé :

On a refait les mêmes étapes que pour les premières extractions, mais cette fois-ci on a utilisé 100 ml d'eau distillée. On a répété l'extraction deux fois, en changeant le solvant à chaque fois, sans pour autant changer la cartouche.

Le liquide qu'on a récupéré, on l'a mis dans des boîtes de Pétri. Ensuite, on l'a placé dans une étuve à 50°C, juste le temps qu'il sèche complètement.

❖ Rendement d'extraction :

Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (m/M) \times 100$$

m : masse de l'extrait récupéré

M : masse de la matière végétale

4. Evaluation de l'activité antioxydante :

4.1. Test réduction de fer (FRAP) :

❖ Principe :

La technique d'Oyaizu (1986) est utilisée pour déterminer la méthode de réduction du fer. Cette méthode repose sur la capacité des antioxydants des extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) (Ou et al., 2001).

❖ Mode opératoire:

Les différentes concentrations des extraits ont été préparées à partir d'une solution mère. Pour la préparation de la première concentration, 10 mg de l'extrait ont été dissous dans 2,5 ml d'eau distillée. Ensuite, une série de six tubes a été préparée par dilution. Pour chaque tube, 200 μl de l'extrait ont été mélangés avec 500 μl de solution tampon phosphate (pH 6,6) et 500 μl de ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (1 %). La solution tampon phosphate a été préparée à partir de Na_2HPO_4 (17,8 g dans 400 ml d'eau distillée) et de NaH_2PO_4 (12 g dans 400 ml d'eau distillée), puis ajustée à pH 6,6. La solution de ferricyanure de potassium a été préparée en dissolvant 1 g dans 100 ml d'eau distillée. Les mélanges ont été incubés à 50 °C pendant 20 minutes. Après incubation, 500 μl d'acide trichloroacétique (TCA 10 %) ont été ajoutés à chaque tube. La solution de TCA a été préparée en dissolvant 10 g puis en complétant avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml.

Ensuite, 500 µl du mélange réactionnel ont été prélevés et transférés dans des cuvettes, puis mélangés avec 500 µl d'eau distillée et 100 µl de chlorure ferrique FeCl_3 (0,1 %). La solution de FeCl_3 a été préparée en dissolvant 0,1 g dans 100 ml d'eau distillée. L'absorbance a été mesurée à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une augmentation de l'absorbance indique une augmentation du pouvoir réducteur des extraits.

4.2. Réduction du DPPH :

❖ Principe :

Le test du DPPH est l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour évaluer l'activité antioxydante et antiradicalaire des extraits. Ce test repose sur la réduction du radical libre DPPH par les composés antioxydants présents dans l'extrait. Cette réaction est suivie par spectrophotométrie UV-visible à une longueur d'onde de 517 nm, en observant la diminution de l'absorbance.

Le radical DPPH possède initialement une coloration violette ; lorsqu'il capte un électron ou un atome d'hydrogène provenant d'un antioxydant, il se réduit et sa couleur s'estompe progressivement. Cette décoloration traduit la capacité des extraits à neutraliser les radicaux libres.

❖ Mode opératoire:

La solution de DPPH a été préparée en dissolvant 3 mg de DPPH dans 50 ml d'éthanol. Le mélange a d'abord été homogénéisé à l'aide d'un vortex jusqu'à dissolution complète, puis maintenu à l'abri de la lumière pendant 60 minutes avant utilisation.

Une solution mère a été préparée en dissolvant 60 mg de l'extrait dans 2,5 ml d'éthanol. À partir de cette solution, six concentrations ont été obtenues par dilutions successives. Pour l'analyse, 500 µl de chaque dilution ont été mélangés avec 500 µl de solution de DPPH dans des cuvettes. Trois cuvettes ont été utilisées pour les essais. Le contrôle a été préparé en mélangeant 500 µl de solution de DPPH avec 500 µl d'éthanol. Le blanc a été préparé avec 1000 µl d'éthanol (Molyneux, 2004).

L'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La diminution de l'absorbance indique l'activité antioxydante de l'extrait.

4.3. Evaluation de la capacité antioxydante totale (CAT) :

❖ Principe:

La capacité Antioxydante totale (CAT) des extraits est évaluée par la méthode de Phosphomolybdène. Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} à molybdène Mo (V) MoO_4^{2+} en présence de l'extrait. Pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V) à pH acide (Prieto et al., 1999).

❖ Mode opératoire:

Les différentes concentrations de l'extrait ont été préparées à partir d'une solution mère. Pour la préparation de la première concentration, 15 mg de l'extrait ont été dissous dans 2 mL d'éthanol. Ensuite, une dilution a été réalisée en transférant une partie de cette solution dans un deuxième tube contenant 1,5 mL d'éthanol.

La solution standard a été préparée à partir de l'acide ascorbique. Pour cela, 10 mg d'acide ascorbique ont été dissous dans 20 mL d'eau distillée, puis une série de dilutions successives a été préparée.

La solution de travail a été préparée en dissolvant 0,078 g de molybdate d'ammonium, 0,45 g de phosphate de sodium et 28 mL d'acide sulfurique, puis le volume a été complété à 100 mL avec de l'eau distillée.

200 μL de l'extrait ont été mélangés avec 200 μL de solution de travail. Les mélanges ont été incubés à 95 °C pendant 90 minutes. Après refroidissement à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 695 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une augmentation de l'absorbance indique une augmentation de la capacité antioxydante totale de l'extrait.

Résultats & Discussion

1. Extraction :

La préparation des deux extraits de la partie aérienne de *Zygophyllum geslini* nous a permis de calculer le rendement des extraits obtenus, à savoir l'extrait aqueux et l'extrait éthanolique. Les rendements sont exprimés en pourcentage par rapport à 10 g de la plante séchée (partie aérienne). L'extrait aqueux a présenté un rendement de 11 %, tandis que l'extrait éthanolique a présenté un rendement d'environ 5 % (Tableau 1).

Tableau 1: Rendement d'extraction par les différents solvants

Extrait/Solvant	Dichlorométhane	Acétone	Ethanol	Eau distillée
Rendement	ND	0,97	4,92±2,06	11,27±3,08

2. Activité antioxydante de la partie aérienne de *Zygophyllum geslini*

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et éthanolique de *Zygophyllum geslini* a été réalisée à l'aide des méthodes FRAP, DPPH et CAT. Les résultats obtenus montrent que les deux extraits possèdent une activité antioxydante appréciable, qui augmente progressivement avec l'augmentation de la concentration.

2.1. Effets des extraits de *Zygophyllum geslini* sur la réduction de fer (FRAP)

Le pouvoir antioxydant des extraits analysés a été évalué par leur aptitude à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}), en prenant Acide ascorbique comme référence positive.

Les résultats obtenus pour l'activité réductrice des différents extraits sont illustrés dans la figures 1 et 2 pour l'acide ascorbique. Nous observons que cette activité augmente progressivement avec l'élévation de la concentration, traduisant une relation dose-dépendante.

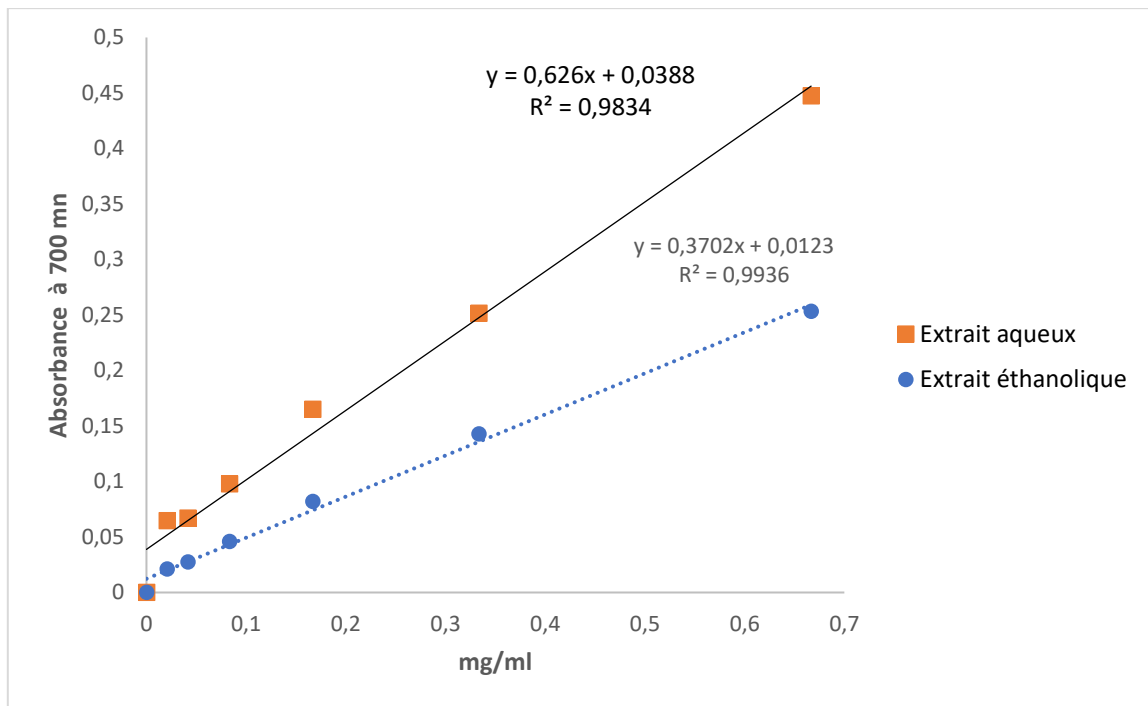


Figure 1: Réduction du fer par les extraits aqueux et éthanolique

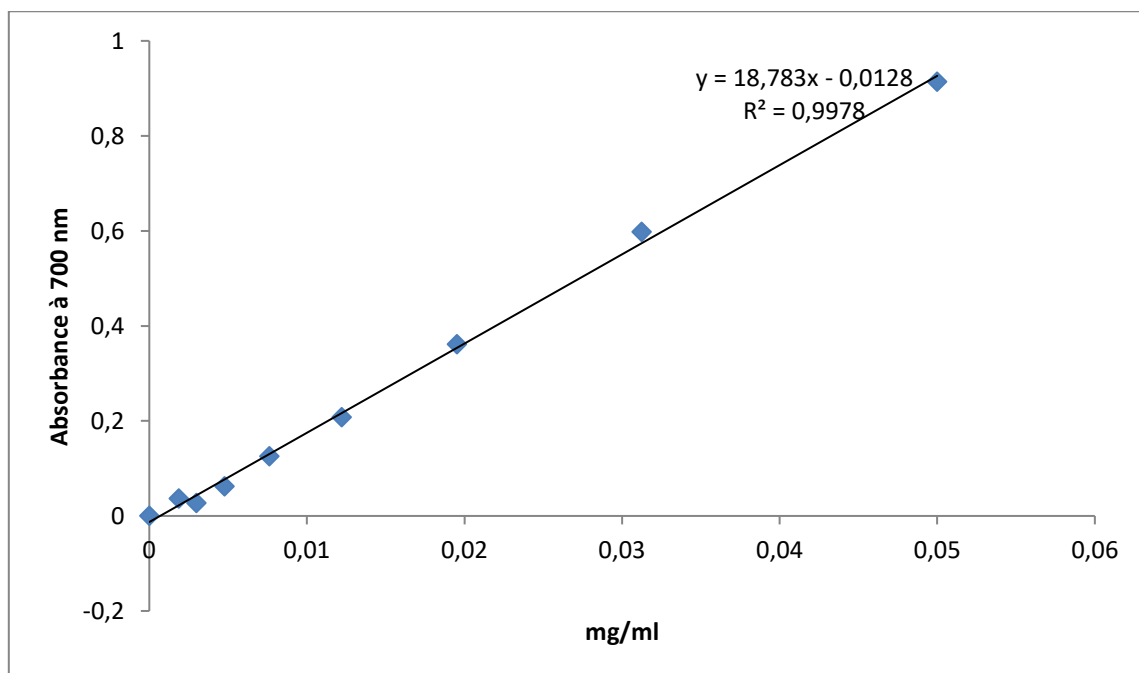


Figure 2: Réduction du fer par l'acide ascorbique

Le test FRAP a révélé une augmentation de la capacité réductrice des extraits en fonction de la concentration. L'extrait aqueux a présenté une excellente corrélation linéaire ($R^2 = 0,9834$), tandis que l'extrait éthanolique a montré également une forte relation linéaire

($R^2 = 0,9936$). Cette activité traduit la capacité des composés présents dans les extraits à réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}), témoignant ainsi de leur pouvoir donneur d'électrons. Cette propriété est généralement attribuée aux composés phénoliques, flavonoïdes et tanins présents dans les plantes médicinales. Les valeurs d' EC_{50} sont regroupées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Valeurs calculées des EC_{50} (Pouvoir réducteur de fer)

Extrait/acide ascorbique	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Acide ascorbique
EC_{50} (mg/ml)	$0,44 \pm 0,01$	$0,47 \pm 0,01$	$0,027 \pm 0,00$

Le tableau 2 montre que l'extrait aqueux est plus efficace que l'extrait éthanolique. Cette différence est légère et reste faible par rapport à l'acide ascorbique.

Selon Benzie et Strain (1996), une forte capacité réductrice est généralement associée à une teneur élevée en substances antioxydantes, notamment les polyphénols. Ces composés sont capables de neutraliser les radicaux libres en cédant des électrons ou des atomes d'hydrogène, ce qui contribue à limiter les phénomènes d'oxydation et à protéger les cellules contre les dommages causés par le stress oxydatif.

DPPH :

Le pouvoir antioxydant des extraits analysés a été évalué par leur capacité à piéger le radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), en prenant l'acide ascorbique comme référence positive. Les résultats obtenus pour l'activité antiradicalaire des différents extraits et de l'acide ascorbique sont illustrés dans les figures 3 et 4 respectivement. On observe que cette activité augmente progressivement avec l'élévation de la concentration, traduisant une relation dose-dépendante. Cette augmentation est accompagnée d'une diminution de l'absorbance à 517 nm et d'une décoloration progressive du DPPH, reflétant la capacité des extraits à neutraliser les radicaux libres.

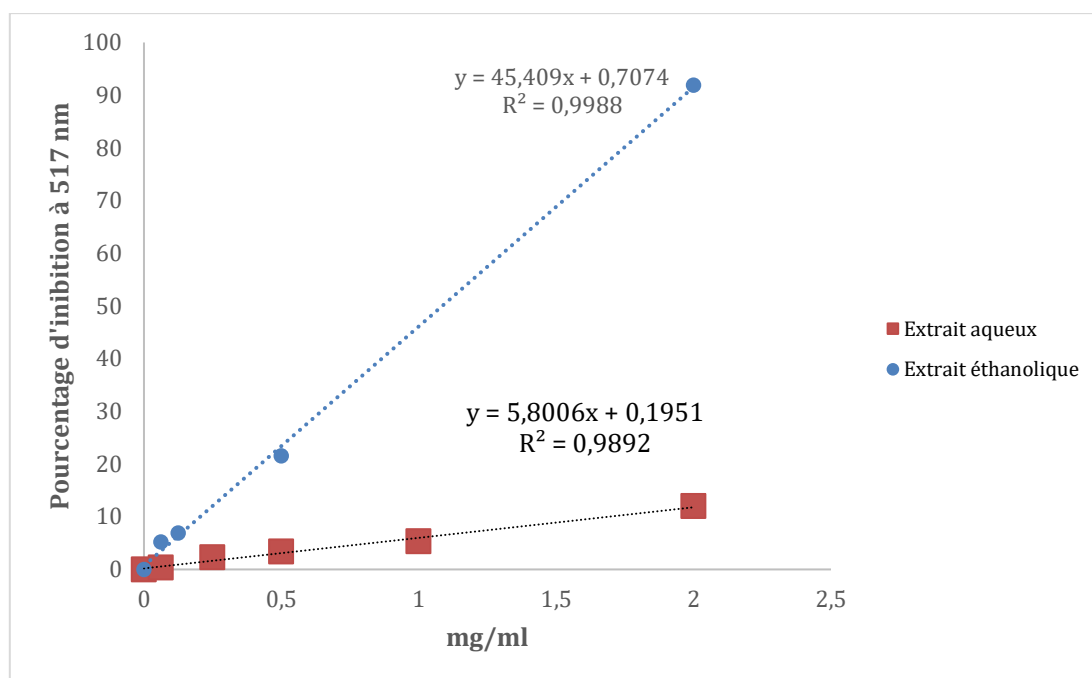


Figure 3: Effet réducteur des extraits aqueux et éthanolique sur le DPPH

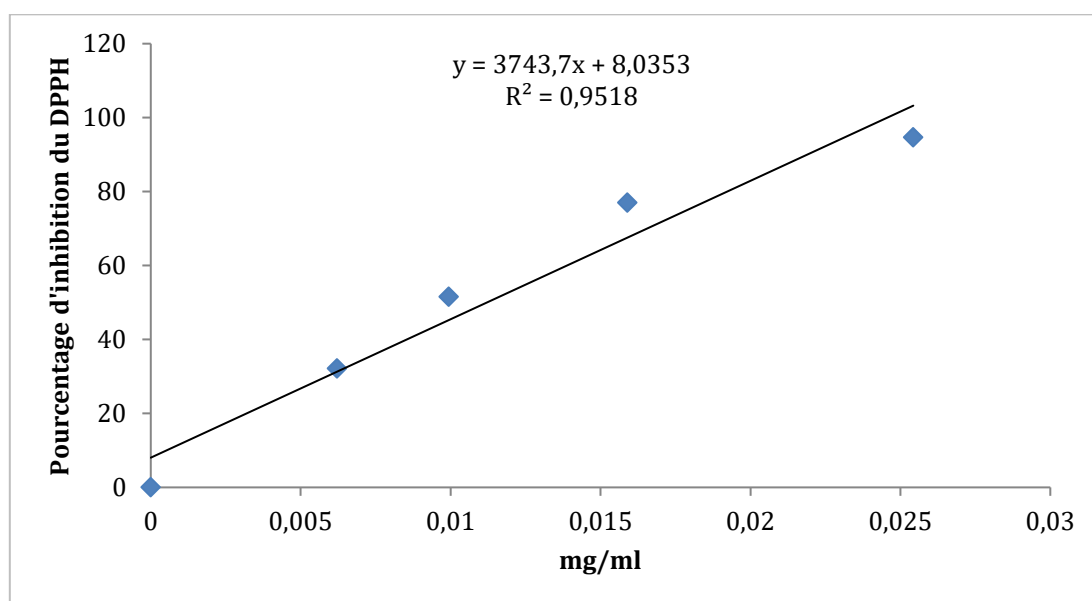


Figure 4: Effet réducteur de l'acide ascorbique sur le DPPH

Concernant le test DPPH, les deux extraits ont démontré une capacité de piégeage des radicaux libres, avec une activité augmentant en fonction de la concentration. L'extrait éthanolique a présenté une activité plus importante que l'extrait aqueux, ce qui pourrait être lié à une meilleure extraction des composés phénoliques par l'éthanol. Ces composés sont connus

pour leur aptitude à neutraliser les radicaux libres grâce à leur capacité à céder des électrons ou des atomes d'hydrogène, limitant ainsi les phénomènes d'oxydation (Brand-Williams et al., 1995)

Cette activité antioxydante est particulièrement importante, car les radicaux libres peuvent provoquer des dommages aux lipides membranaires, aux protéines et à l'ADN, entraînant diverses altérations cellulaires. Selon Rice-Evans et al. (1997), les composés phénoliques et les flavonoïdes constituent l'une des principales classes de molécules végétales responsables de l'activité antioxydante grâce à leur capacité à stabiliser les espèces réactives de l'oxygène. La meilleure activité observée pour l'extrait éthanolique pourrait donc être attribuée à une teneur plus élevée en ces composés bioactifs. Ces résultats confirment ainsi le potentiel antioxydant de *Zygophyllum geslini* et son intérêt comme source naturelle d'antioxydants.

Tableau 3 : Valeurs calculées des IC₅₀ (Réduction du DPPH)

Extrait	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Acide ascorbique
DPPH (IC ₅₀ , mg/mL)	8,46 ± 0,19	1,09 ± 0,03	0,01 ± 0,00

Les résultats des IC₅₀ (Tableau 3) montrent une efficacité élevée de l'extrait éthanolique par rapport à l'extrait aqueux.

CAT :

Le pouvoir antioxydant des extraits analysés a été évalué par la méthode CAT (activité catalase), basée sur la capacité de l'enzyme catalase à dégrader le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en eau et en oxygène. Les résultats obtenus pour l'activité catalase des différents extraits sont illustrés dans la figure (21). On observe des variations de l'activité enzymatique selon les extraits étudiés, traduisant leur potentiel antioxydant. Une activité catalase élevée reflète une meilleure capacité à éliminer le peroxyde d'hydrogène et à limiter le stress oxydatif.

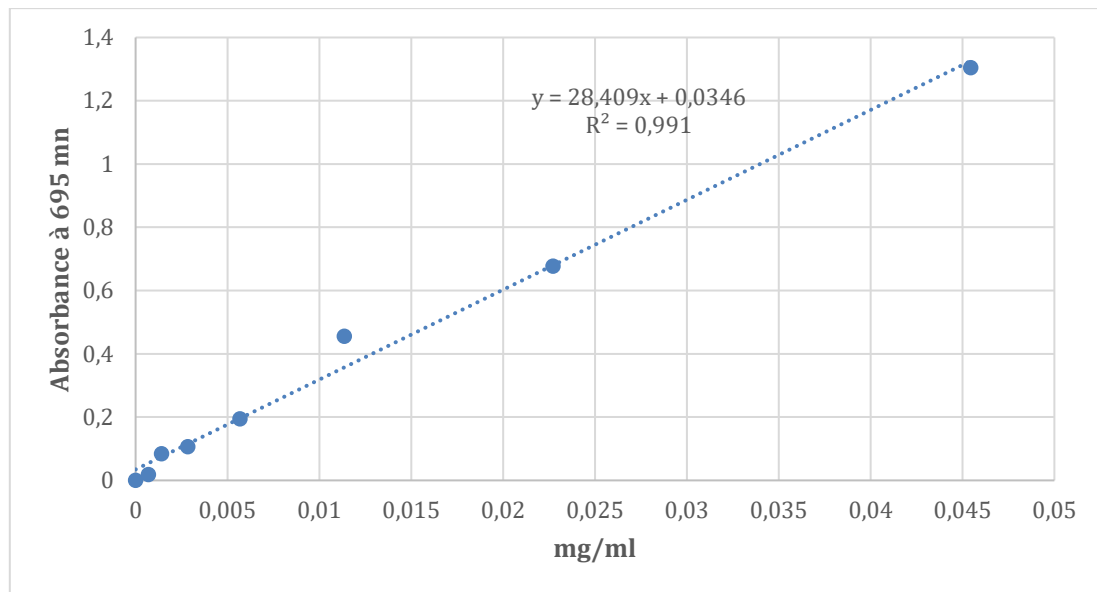


Figure 5: Courbe d'étalonnage de la CAT de l'acide ascorbique

Les résultats du test CAT ont également confirmé le potentiel antioxydant des deux extraits. L'augmentation de la capacité antioxydante totale avec la concentration indique la présence de molécules bioactives capables de réduire le molybdène VI [Mo(VI)] en molybdène V [Mo(V)], formant ainsi un complexe phosphomolybdène de couleur verte. Cette activité est souvent associée à la richesse des extraits en composés phénoliques et autres métabolites secondaires possédant des propriétés réductrices (Medjdoub, 2013; Prieto et al., 1999)

Selon Prieto et al. (1999), cette méthode permet d'évaluer la capacité antioxydante totale d'un extrait en mesurant son aptitude à transférer des électrons et à réduire les espèces oxydantes. Les polyphénols, les flavonoïdes et certains acides phénoliques sont considérés comme les principaux responsables de cette activité grâce à leur pouvoir réducteur élevé. La supériorité de l'extrait éthanolique par rapport à l'extrait aqueux pourrait être expliquée par la meilleure capacité de l'éthanol à extraire les composés phénoliques et flavonoïques responsables de l'activité antioxydante (Dai et Mumper, 2010). Ces résultats suggèrent que *Zygophyllum geslini* constitue une source intéressante de composés naturels capables de contribuer à la protection contre le stress oxydatif et les dommages cellulaires induits par les espèces réactives de l'oxygène.

Tableau 4: Capacité antioxydante totale des extraits aqueux et éthanolique

Paramètre	Extrait aqueux	Extrait éthanolique
CAT (mg EAA/g extrait)	57,22 ± 20,71	42,00 ± 12,04

Le tableau 4 montre une activité antioxydante importante de l'extrait aqueux par rapport à l'extrait éthanolique.

L'activité antioxydante observée dans cette étude peut être attribuée à la présence de métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques et les flavonoïdes, reconnus pour leur aptitude à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène et à limiter les dommages induits par le stress oxydatif. La capacité de ces composés à céder des électrons ou des atomes d'hydrogène leur confère un rôle essentiel dans la protection des biomolécules contre l'oxydation (Flora, 2009).

Les résultats obtenus confirment que le genre *Zygophyllum* constitue une source prometteuse de composés à activité antioxydante. Plusieurs études ont rapporté une capacité élevée de piégeage des radicaux libres ainsi qu'un pouvoir réducteur important chez différentes espèces de ce genre, notamment *Z. album*, *Z. cornutum*, *Z. coccineum*, *Z. fabago*, *Z. hamienae* et *Z. simplex*, bien que l'intensité de cette activité varie selon l'espèce, la partie végétale étudiée, la nature de l'extrait et la méthode d'évaluation utilisée.

L'espèce *Z. album* est la plus largement documentée. Les extraits aqueux, éthanoliques, méthanoliques ainsi que certaines fractions organiques ont montré une activité antioxydante remarquable dans différents essais, notamment DPPH, ORAC, capacité antioxydante totale et modèles cellulaires. Les extraits les plus polaires, particulièrement les extraits méthanoliques, présentent généralement les meilleures performances, ce qui suggère que les molécules hydrophiles contribuent largement à cette activité. De même, l'huile essentielle de *Z. album* possède une capacité significative de neutralisation des radicaux libres, témoignant de la contribution de plusieurs familles de métabolites secondaires à son potentiel antioxydant.

Des observations similaires ont été rapportées chez d'autres espèces du genre. Chez *Z. cornutum*, la fraction aqueuse a présenté la plus faible valeur d'IC₅₀ au test DPPH, suivie de la fraction chloroformique, tandis que chez *Z. coccineum*, la fraction butanolique s'est révélée la plus active. Les extraits méthanoliques des feuilles et des fleurs de *Z. fabago* ainsi que les

extraits méthanoliques et éthanoliques de *Z. hamiense* ont également démontré une forte capacité de piégeage des radicaux libres, confirmant que le potentiel antioxydant est largement partagé par les différentes espèces de ce genre botanique.

Cette activité est principalement attribuée à la richesse des espèces de *Zygophyllum* en composés bioactifs, notamment les flavonoïdes, les composés phénoliques, les saponines triterpéniques, les tanins et les stérols, dont la capacité à céder des électrons ou des atomes d'hydrogène permet de neutraliser efficacement les espèces réactives de l'oxygène. En outre, plusieurs travaux *in vivo* ont montré que les extraits de *Zygophyllum* réduisent le stress oxydatif non seulement par un effet direct de piégeage des radicaux libres, mais également en stimulant les systèmes antioxydants endogènes, avec une augmentation des activités de la superoxyde dismutase (SOD), de la catalase (CAT), de la glutathion peroxydase (GPx) et du glutathion réduit (GSH), associée à une diminution de la peroxydation lipidique évaluée par le malondialdéhyde (MDA).

Nos résultats restent préliminaire est montrent une efficacité antioxydante remarquable de la partie aérienne de cette plante.

Conclusion Générale

Ce travail avait pour objectif d'évaluer les activités antioxydante et antimicrobienne des extraits aqueux et éthanolique de la partie aérienne de *Zygophyllum geslini*.

Les résultats obtenus ont montré que les deux extraits présentent une activité antioxydante appréciable, mise en évidence par les méthodes FRAP, DPPH et de la capacité antioxydante totale (CAT). L'extrait aqueux a présenté un meilleur pouvoir réducteur dans le test FRAP ($EC_{50} = 0,43 \pm 0,01$ mg/mL) que l'extrait éthanolique ($EC_{50} = 0,47 \pm 0,01$ mg/mL). En revanche, dans le test DPPH, l'extrait éthanolique a démontré une plus grande capacité de piégeage des radicaux libres, avec une IC_{50} de $1,09 \pm 0,03$ mg/mL, contre $8,46 \pm 0,19$ mg/mL pour l'extrait aqueux. Les valeurs de la capacité antioxydante totale étaient respectivement de $57,22 \pm 20,71$ et $42,00 \pm 12,04$ mg EAA/g d'extrait pour les extraits aqueux et éthanolique. Dans l'ensemble, les activités antioxydantes observées augmentent avec la concentration des extraits, confirmant le potentiel de *Zygophyllum geslini* comme source naturelle de composés antioxydants.

Concernant l'activité antimicrobienne, aucune efficacité contre les souches testées n'a été enregistrée.

En conclusion, les résultats de cette étude mettent en évidence le potentiel antioxydant des extraits de *Zygophyllum geslini* et contribuent à la valorisation de cette espèce saharienne comme source prometteuse de composés bioactifs naturels. Toutefois, des investigations complémentaires sont nécessaires afin d'approfondir la caractérisation phytochimique de la plante et de confirmer l'ensemble de ses propriétés biologiques. Cela afin :

- Réévaluer l'activité antimicrobienne,
- Réaliser un fractionnement bioguidé des extraits afin d'isoler les molécules responsables de l'activité antioxydante,
- Identifier et quantifier les composés phénoliques et flavonoïdes par des techniques chromatographiques telles que la HPLC ou la LC-MS/MS,
- Étudier d'autres activités biologiques de *Zygophyllum geslini*, notamment les activités anti-inflammatoire, antidiabétique, cytoprotectrice et anticancéreuse,
- Évaluer l'efficacité et l'innocuité des extraits par des études *in vivo* avant d'envisager leur valorisation dans les domaines pharmaceutique, nutraceutique ou cosmétique.

Références bibliographiques

- Alzahrani, M., Al-Ghamdi, A., & Ahmad, S. (2021). Phytochemical profiling, antioxidant, and antimicrobial activities of desert medicinal plants. *Journal of Arid Environments*, 184, 104321. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104321>
- Ayad, R. (2008). Recherche et Détermination structurale des métabolites secondaires de l'espèce: ZYGOPHYLLUM CORNUTUM (ZYGOPHYLLACEAE). *Mém. Magister, Univ. Constantine*, 124.
- Bakhtaoui, F. Zx., El-Haci, I. A., & Medjdoub, H. (2014). Valorisation d'une plante endémique saharienne *Zygophyllum geslini* : Screening phytochimique et activités biologiques. *Journal de la Société Algérienne de Chimie*, 24(2), 145-156.
- Belguidoum et al. (2015), Antioxidant activities, phenolic, flavonoid and tannin contents of *Zygophyllum cornutum*.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Boudjelthia, K., Hammadi, K., Kouidri, M., & Djebli, N. (2017). Evaluation of antidiabetic activity of two plants *Berberis vulgaris* and *Zygophyllum geslini*. *J. Phys. Chem. Biophys*, 7(1), 1-7.
- Bourgou et al. (2017), The halophytic genus *Zygophyllum* and *Nitraria* from North Africa.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
- El-Haci, I. A., Dalli, M., Bekkouch, O., Azizi, S., & Bouchennak, M. (2021). Antioxidant activity and polyphenolic content of *Zygophyllum* species from the Algerian Sahara. *Phytomedicine Plus*, 1(3), 100062. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100062>

- Flora, S. J. (2009). Structural, chemical and biological aspects of antioxidants for strategies against metal and metalloid-induced oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(4), 191-206. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.4.9454>
- Hala et al. (2022), Biological Review on Different Species Belonging to *Zygophyllum* genus.
- Kchaou et al. (2018), Chemical composition and biological activities of *Zygophyllum album* essential oil from Tunisia.
- Medjdoub, H. (2013). Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de *Zygophyllum geslini*, plante médicinale de la région d'Adrar [Thèse de doctorat, Université Aboubekr Belkaïd-Tlemcen].
- Medjdoub, H., & Tabti, B. (2012). Antidiabetic effect of the aerial part ethanolic extracts of *Zygophyllum geslini* Coss. in streptozotocin induced-diabetic rats. *Metab Funct Res Diab*, 5, 17-20.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl- hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. 26(2).
- Ou, B., Hampsch-Woodill, M., & Prior, R. L. (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4619-4626. <https://doi.org/10.1021/jf010586o>
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44(6), 307-315. <https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.44.307>
- Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337-341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152-159. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)

- Saber, A. H., & El-Moghazy Shoaib, A. M. (1960). *Zygophyllum coccineum*. V. *The chemistry of the leaf and stem*. Journal of Pharmaceutical Sciences of the United Arab Republic, 1, 1–6.
- Sasmakov, S. A., Putieva, M. Zh., Kachala, V. V., Shashkov, A. S., & Saatov, Z. (2001). *Triterpene glycosides of Zygophyllum eichwaldii*. II. *Structure of Zygoeichwaloside I*. Chemistry of Natural Compounds, 37(4), 347–350.
- Sharifi-Rad, J., Rodrigues, C. F., Sharopov, F., Došťálová, Z., Marzocco, S., & Salehi, B. (2020). Diet, oxidative stress and chronic diseases: Role of plant antioxidants. International Journal of Molecular Sciences, 21(3), 1012. <https://doi.org/10.3390/ijms21031012>
- Shehab et al. (2015), Impact of phenolic composition on hepatoprotective and antioxidant effects of four desert medicinal plants.
- Sies, H., & Jones, D. P. (2020). Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 21(7), 363–383. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-0230-3>
- Smati, D., Hammiche, V., Nehari, H., Alamir, B., & Merad, R. (1993). *Zygophyllum geslini* Coss.: *Chemical investigation of hypoglycemic activity*. In Proceedings of the First World Congress on Medicinal and Aromatic Plants for Human Welfare (WOCMAP I), Acta Horticulturae, 332, Maastricht, The Netherlands.
- Smati, D., Lahlou, M. H., & Hammiche, V. (2004). Activité antimicrobienne *in vitro* d'extraits de plantes sahariennes utilisées en médecine traditionnelle. Phytothérapie, 2(4), 115–121. <https://doi.org/10.1007/s10298-004-0032-x>
- Smati, D., Longeon, A., & Guyot, M. (2004). *3β-(3,4-Dihydroxycinnamoyl)-erythrodiol, a cytotoxic constituent of Zygophyllum geslini collected in the Algerian Sahara*. Journal of Ethnopharmacology, 95(2–3), 405–407. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.08.011>
- Wink, M. (2015). Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. Medicines, 2(3), 251–286. <https://doi.org/10.3390/medicines2030251>
- World Health Organization [WHO]. (2023). Global report on traditional and complementary medicine 2023. Organisation mondiale de la Santé.

- Yaripour et al. (2017), Phytochemical composition and biological activity of *Zygophyllum fabago*.
- Zhang, L., Wang, Y., & Chen, J. (2023). Natural products as a reservoir for antimicrobial drug discovery against multi-drug resistant pathogens. *Drug Resistance Updates*, 67, 100924.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية البيولوجية لنبات *Zygophyllum geslini* من خلال دراسة نشاطه المضاد للأكسدة والمضاد للميكروبات. تم تحضير مستخلصات النبات باستعمال مذيبات مختلفة، ثم أجريت عليها اختبارات كيميائية نباتية للكشف عن أهم المركبات الثانوية الفعالة. أظهرت النتائج وجود نشاط مضاد للأكسدة في المستخلصات المدروسة، مع اختلاف مستوى هذا النشاط حسب نوع المستخلص والتركيز المستعمل. وقد أظهر اختبار القدرة الاختزالية للحديد (FRAP) قيم EC_{50} بلغت 0.01 ± 0.43 ملغ/مل للمستخلص المائي و 0.01 ± 0.47 ملغ/مل للمستخلص الإيثانولي. كما أظهر اختبار DPPH نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى للمستخلص الإيثانولي ($IC_{50} = 1.09 \pm 0.03$ ملغ/مل) مقارنة بالمستخلص المائي ($IC_{50} = 8.46 \pm 0.19$ ملغ/مل). وقد فُدرت السعة الكلية المضادة للأكسدة (CAT) بـ 20.71 ± 57.22 ملغ/مل للمستخلص المائي و 12.04 ± 42.00 ملغ/مل للمستخلص الإيثانولي. أما فيما يخص النشاط المضاد للميكروبات، فقد أجريت اختبارات على بعض السلالات البكتيرية والخمائر، إلا أن النتائج لم تُظهر نشاطاً مضاداً للميكروبات في الظروف والتركيزات المدروسة. بناءً على النتائج المتحصل عليها، يمكن اعتبار هذا النبات مصدرًا طبيعيًا واعدًا للمركبات ذات النشاط المضاد للأكسدة، مما يستدعي إجراء دراسات إضافية لتوسيع البحث حول خصائصه البيولوجية وتطبيقاته المحتملة في المجالات الصيدلانية والطبية.

الكلمات المفتاحية: *Zygophyllum geslini*، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروبات، المستخلص المائي، المستخلص الإيثانولي.

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'activité biologique de la plante *Zygophyllum geslini* à travers l'étude de son activité antioxydante et antimicrobienne. Des extraits de la plante ont été préparés à l'aide de différents solvants, puis des tests ont été réalisés.

Les résultats ont montré la présence d'une activité antioxydante dans les extraits étudiés, avec une variation du niveau d'activité selon le type d'extrait et la concentration utilisée. L'activité réductrice (FRAP) a révélé des valeurs d' EC_{50} de $0,43 \pm 0,01$ mg/mL pour l'extrait aqueux et de $0,47 \pm 0,01$ mg/mL pour l'extrait éthanolique. Le test DPPH a montré une meilleure activité de l'extrait éthanolique ($IC_{50} = 1,09 \pm 0,03$ mg/mL) par rapport à l'extrait aqueux ($IC_{50} = 8,46 \pm 0,19$ mg/mL). Le contenu en antioxydants totaux (CAT) a été estimé à $57,22 \pm 20,71$ mg EAA/g pour l'extrait aqueux et à $42,00 \pm 12,04$ mg EAA/g pour l'extrait éthanolique. Concernant l'activité antimicrobienne, des tests ont été effectués sur plusieurs souches bactériennes et levures, mais aucun effet inhibiteur n'a été observé dans les conditions et concentrations étudiées.

Sur la base des résultats obtenus, *Zygophyllum geslini* peut être considéré comme une source naturelle prometteuse de composés à activité antioxydante, ce qui nécessite des études complémentaires afin d'approfondir ses propriétés biologiques et d'explorer ses applications potentielles dans les domaines pharmaceutique et médical.

Mots clés : *Zygophyllum geslini*, activité antioxydante, activité antimicrobienne, extrait aqueux, extrait éthanolique

Abstract

This study aims to evaluate the biological activity of the plant *Zygophyllum geslini* by investigating its antioxidant and antimicrobial activities. Plant extracts were prepared using different solvents, and tests were carried out.

The results demonstrated the presence of antioxidant activity in the studied extracts, with variations depending on the type of extract and the concentration used. The ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay revealed EC_{50} values of 0.43 ± 0.01 mg/mL for the aqueous extract and 0.47 ± 0.01 mg/mL for the ethanolic extract. The DPPH assay showed a higher antioxidant activity for the ethanolic extract ($IC_{50} = 1.09 \pm 0.03$ mg/mL) compared with the aqueous extract ($IC_{50} = 8.46 \pm 0.19$ mg/mL). The total antioxidant capacity (TAC) was estimated at 57.22 ± 20.71 mg AAE/g extract for the aqueous extract and 42.00 ± 12.04 mg AAE/g for the ethanolic extract.

Regarding antimicrobial activity, tests were performed against several bacterial strains and yeasts; however, no inhibitory effect was observed under the tested conditions and concentrations. Based on the obtained results, *Zygophyllum geslini* can be considered a promising natural source of compounds with antioxidant activity, which requires further studies to better understand its biological properties and to explore its potential applications in the pharmaceutical and medical fields.

Keywords: *Zygophyllum geslini*, antioxidant activity, antimicrobial activity, aqueous extract, ethanolic extract