



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE LA BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

FILIERE : Sciences Biologiques

Option : Microbiologie Appliquée

Thème

**Etude phytochimique et évaluation de l'activité
antimicrobienne et antioxydante de quelques plantes
endémiques de Khenchela**

Soutenu le /...../ 2024

Présenté par : Aghrou Hassina

Devant le jury composé de :

Présidente :	Dr. MELLAL Hanane	MCB	Université de Khenchela
Examinatrice :	Dr. HANOUN Saida	MCA	Université de Khenchela
Promotrice :	Dr. NAILI Oumaima	MCA	Université de Khenchela

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Avant tout, mes remerciements infinis sont adressés à Dieu le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener ce travail à terme.

J'adresse mes sincères remerciements en premier lieu aux membres de jury Dr. MELLAL Hanane et Dr. Hanoun Saïda d'avoir accepté de présider et d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadrante Mme. NAILI Oumaima, maître de conférences à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Abbes Laghrour Khenchela, de m'avoir suivi et dirigé tout au long de la réalisation de ce mémoire. Je la remercie aussi pour la confiance qu'elle a placée en moi, pour sa disponibilité permanente, pour sa patience et ses conseils

اللهم ليس بجهدى و إجتهادى وإنما بتوفيقك



Dédicace

*Avec l'aide de Dieu, le tous puissant qui m'a
donné le courage et la volonté pour achever ce
modeste travail que je dédie :*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour
A ceux qui m'ont encouragé dans mes moments les
plus difficiles*

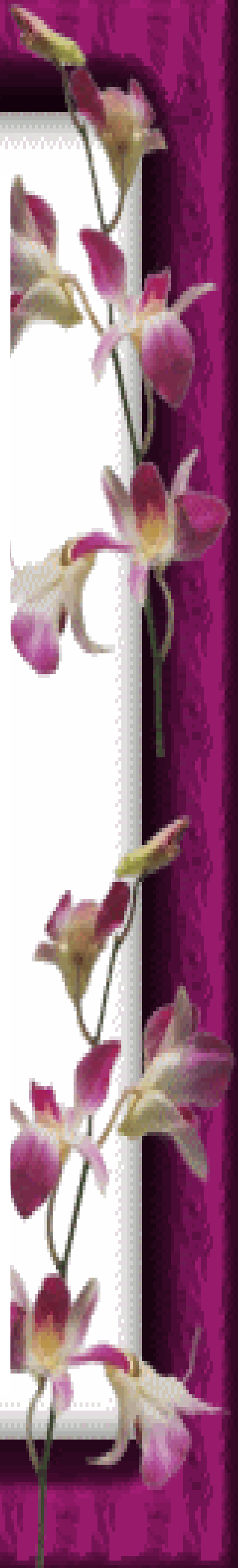
A ceux qui m'ont fait confiance

*A ma très chère mère, source de compassion et de
tendresse, l'exemple de patience et sacrifice, la raison de
mon existence et le support de ma vie*

*A mon père pour son soutien et la confiance qu'il
m'a accordé*

A mes frères : Alaa eddine, Dhia eddine et Fadi

A ma chère tante pour son soutien



Résumé

Notre étude a été axée sur la détermination des constituants phytochimiques et l'évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits hydro-éthanoliques des feuilles de trois plantes endémiques collectées de la région de Khenchela (*Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicea* L., *Cedrus atlantica*). Le screening phytochimique des extraits obtenus par macération a montré qu'ils sont riches en métabolites secondaires tels que les composés phénoliques, les composés réducteurs, les terpénoïdes, les tanins et les coumarines. L'estimation quantitative des polyphénols et des flavonoïdes totaux a montré que l'extrait de *J. oxycedrus* L. présente les teneurs les plus élevées en phénols totaux ($101,92 \pm 9,67 \mu\text{g EAG/mg}$) et en flavonoïdes ($25,97 \pm 2,91 \mu\text{g EQ/mg}$) par rapport aux deux autres extraits. L'activité antioxydante a été étudiée par la méthode de réduction du radical libre (DPPH). Le test a montré que le pourcentage d'inhibition le plus élevé a été observé avec l'extrait de *J. oxycedrus* L. (82,4 %) par contre *C. atlantica* possède le plus faible pourcentage d'inhibition (66,72 %). L'activité antimicrobienne de trois extraits a été évaluée vis-à-vis sept bactéries (*E.coli* ATCC 25922, *K. pneumoniae* ATCC 4352, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *E. coli* clinique, *Pseudomonas* clinique, *B. cereus* ATCC 11778 et *S. aureus* ATCC 25923) et deux souches fongiques (*Aspergillus niger* et *Candida albicans*) par la méthode de diffusion sur un milieu gélosé. Les trois extraits n'ont montré aucune activité contre les souches microbiennes testées, à l'exception de l'extrait de *J. oxycedrus* L. qui a montré une activité modérée contre la souche *B. cereus* avec une zone d'inhibition de 10,5 mm et une CMI de 6,25 mg/ml.

Mots clés : Activité antimicrobienne, activité antioxydante, screening phytochimique, *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicea* L., *Cedrus atlantica*.

Abstract

Our study focused on determination of phytochemical constituents and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of hydro-ethanolic extracts from the leaves of three endemic plants collected from Khenchela region (*Juniperus oxycedrus L.*, *Juniperus phoenicea L.*, *Cedrus atlantica*). Phytochemical screening of the extracts obtained by maceration showed that they are rich in secondary metabolites such as phenolic compounds, reducing compounds, terpenoids, tannins and coumarins. Quantitative estimation of total polyphenols and flavonoids showed that *J. oxycedrus L.* extract had the highest levels of total phenols ($101.92 \pm 9.67 \mu\text{g GAE/mg}$) and flavonoids ($25.97 \pm 2.91 \mu\text{g QE/mg}$) compared to the other two extracts. Antioxidant activity was studied using the free radical scavenging (DPPH). The test showed that the highest percentage of inhibition was observed with *J. oxycedrus L.* extract (82.4%), while *C. atlantica* had the lowest inhibition percentage (66.72%). The antimicrobial activity of the three extracts was assessed against seven bacteria (*E. coli* ATCC 25922, *K. pneumoniae* ATCC 4352, *P. aeruginosa* ATCC 27853, clinical *E. coli*, clinical *Pseudomonas*, *B. cereus* ATCC 11778 and *S. aureus* ATCC 25923) and two fungal strains (*Aspergillus niger* and *Candida albicans*) by the agar diffusion method. The three extracts showed no activity against any of the tested microbial strains, with the exception of *J. oxycedrus L.* extract, which showed moderate activity against *B. cereus* strain, with inhibition zone of 10.5 mm and a MIC of 6.25 mg/ml.

Key words: Antimicrobial activity, antioxidant activity, phytochemical screening, *Juniperus oxycedrus L.*, *Juniperus phoenicea L.*, *Cedrus atlantica*.

الملخص

ركزت دراستنا على تحديد المكونات الكيميائية النباتية وتقييم النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للميكروبات للمستخلصات المائية-الإيثانولية من أوراق ثلاثة نباتات متوطنة تم جمعها من منطقة خنشلة (العرعر الكادي، العرعر الفينيقي، الأرز الأطلسي). أظهر الفحص الكيميائي النباتي للمستخلصات التي تم الحصول عليها عن طريق النقع أنها غنية بالمركبات الأيضية الثانوية مثل المركبات الفينولية والمركبات المختزلة والتربينويدات والتتينات والكومارينات وأظهر التقدير الكمي للبوليفينول الكلي والفلافونويدات أن مستخلص العرعر الكادي يحتوي على أعلى مستويات من الفينولات الكلية (9.67 ± 101.92 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك لكل مليغرام من المستخلص) والفلافونويدات (2.91 ± 25.97 ميكروغرام مكافئ الكيرسيتين لكل مليغرام من المستخلص) مقارنة بالمستخلصين الآخرين. تمت دراسة النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة اختزال الجذور الحرة. وأظهر الاختبار أن أعلى نسبة تثبيط لوحظت في مستخلص العرعر الكادي (82.4%)، بينما كانت نسبة التثبيط الأقل في مستخلص نبات الأرز الأطلسي (66.72%). تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات الثلاثة على سبع بكتيريا (*E.coli* ATCC 25922، *K.pneumoniae* ATCC 4352، *P.aeruginosa* ATCC 27853، *E.coli* السريرية، *Pseudomonas* السريرية، *B.cereus* ATCC 11778، *S.aureus* ATCC 25923) وسلالتين من الفطريات (*Aspergillus niger* و *Candida albicans*) بطريقة الانتشار في الآجار. لم تظهر المستخلصات الثلاثة أي نشاط ضد أي من السلالات الميكروبية التي تم اختبارها، باستثناء مستخلص العرعر الكادي الذي أظهر نشاطا معتدلا ضد سلالة *B.cereus*، حيث بلغت منطقة التثبيط 10.5 ملم و التركيز المثبط الأدنى 6.25 ملغم/ملم.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة، الفحص الكيميائي النباتي، العرعر الكادي، العرعر الفينيقي، الأرز الأطلسي.

Table des matières

Titre	page
Liste des tableaux	i
Liste des figures	ii
Liste des photographies	iii
Liste des abréviations	iv
Introduction	1
<i>Synthèse bibliographique</i>	
1 Plantes endémiques	3
1.1 Généralités sur les plantes endémiques	3
1.2 Conservation des plantes endémiques	3
1.2.1 Conservation <i>in situ</i>	3
1.2.2 Conservation <i>ex situ</i>	3
2 Activités biologiques des substances naturelles des plantes endémiques ...	4
2.1 Activité antimicrobienne	4
2.2 Activité antivirale	4
2.3 Activité anticancéreuse	4
2.4 Activité antioxydante	5
2.5 Activité antiallergique	5
2.6 Activité cardiovasculaire	5
2.7 Activité anti-inflammatoire	5

3 Les principes actifs des plantes	6
3.1 Classification des substances naturelles des plantes	6
3.1.1 Les terpénoïdes	6
3.1.2 Les alcaloïdes	6
3.1.3 Les composés phénoliques	6
4 La phytothérapie	10
4.1 Types de la phytothérapie	10
4.1.1 Aromathérapie	10
4.1.2 Gemmothérapie	10
4.1.3 Herboristerie	10
4.1.4 Phytothérapie en pharmacie	10
4.1.5 Phytothérapie chinoise	10
5 Monographie des plantes sélectionnées	11
5.1 <i>Cedrus atlantica</i>	11
5.1.1 Description botanique	11
5.1.2 Nomenclature	12
5.1.3 Classification	13
5.1.4 Aires de répartition	13
5.1.4.1 Dans le monde	13
5.1.4.2 En Algérie	14
5.1.5 Composition chimique	14
5.1.6 Usages traditionnels	14

5.2 <i>Juniperus oxycedrus</i> L.....	15
5.2.1 Description botanique	15
5.2.2 Nomenclature	16
5.2.3 Classification	16
5.2.4 Aires de répartition	16
5.2.4.1 Dans le monde	16
5.2.4.2 En Algérie	17
5.2.5 Composition chimique	17
5.2.6 Usages traditionnels	17
5.3 <i>Juniperus phoenicia</i> L.....	18
5.3.1 Description botanique	18
5.3.2 Nomenclature	19
5.3.3 Classification	19
5.3.4 Aires de répartition	20
5.3.4.1 Dans le monde	20
5.3.4.2 En Algérie	20
5.3.5 Composition chimique	20
5.3.6 Usages traditionnels	20
<i>Matériel et méthodes</i>	
1 Matériel	21
1.1 Matériel végétal	21
1.2 Les souches microbiennes à tester	22
1.3 Milieux de culture	22
1.4 Produits chimiques et appareillage	23
1.5 Antibiotiques	23
2 Méthodes	23
2.1 Séchage	23

2.2 Broyage	24
2.3 Préparation des extraits bruts	24
2.3.1 Macération hydro-éthanolique	24
2.3.2 Filtration	25
2.3.3 Séchage à l'étuve	25
2.3.4 Grattage	26
2.4 Screening phytochimique	27
2.4.1 Recherche des alcaloïdes	27
2.4.2 Recherche des flavonoïdes	27
2.4.3 Test des composés phénoliques	27
2.4.4 Recherche des composés réducteurs	28
2.4.5 Test de mousse pour les saponoside	28
2.4.6 Test des mucilages	28
2.4.7 Détection des Terpenoides	29
2.4.8 Recherche des coumarines	29
2.4.9 Test des tanins	29
2.4.10 Les polyuronides	29
2.5 Dosage des polyphénols	30
2.6 Dosage des flavonoïdes	30
2.7 Activité antioxydante (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl))	30
2.8 Activité antibactérienne	31
2.8.1 Préparation des suspensions bactériennes et des solutions des extraits	31
2.8.2 L'ensemencement et dépôt des disques	31
2.8.3 Lecture	32
2.8.4 Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)	32
2.9 Activité antifongique	33

<i>Résultats et discussion</i>	
1 Résultats de l'extraction	34
1.1 Propriétés des extraits hydro-éthanoliques	34
1.2 Rendement des extraits hydro-éthanoliques	34
1.2.1 Détermination de rendement	34
2 Screening phytochimique	36
3 Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes	38
4 L'activité antioxydante	41
4.1 Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)	42
5 L'activité antimicrobienne	45
5.1 L'antibiogramme	45
5.2 Activité antibactérienne	46
5.3 Activité antifongique	48
Conclusion et perspectives	50
<i>References bibliographiques</i>	53
<i>ANNEXES</i>	

Liste des tableaux

N°	Titre du tableau	Page
1	Principales sous-classes des terpénoïdes et leur origine	7
2	Principales sous-classes des alcaloïdes et leur origine	8
3	Principales sous-classes des composés phénoliques et leur origine	9
4	Nomenclature de l'espèce végétale <i>Cedrus atlantica</i>	12
5	position taxonomique du Cèdre de l'Atlas	13
6	Nomenclature de l'espèce végétale <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	16
7	position taxonomique du <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	16
8	Nomenclature de l'espèce végétale <i>Juniperus phoenicia L.</i>	19
9	position taxonomique du <i>Juniperus phoenicia L.</i>	19
10	Présentation des espèces végétales utilisées	21
11	Les souches microbiennes étudiées	22
12	Réactifs chimiques et instruments de laboratoire	23
13	Disques d'antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme	23
14	Norme de lecture de l'activité des extraits des feuilles sur les bactéries	32
15	Propriétés et aspect et des trois extraits secs	34
16	Résultats des tests phytochimiques	36
17	Taux de polyphénols et des flavonoïdes contenus dans les trois extraits hydro-éthanoliques	38
18	Résultats de l'antibiogramme	45
19	Résultats de l'activité antibactérienne des trois extraits et DMSO	46
20	Résultats de l'activité antifongique des trois extraits et DMSO	48

Liste des figures

N°	Titre de la figure	Page
1	Conservation des plantes endémiques <i>ex situ</i>	3
2	Représentation de l'espèce <i>Cedrus atlantica</i>	12
3	Représentation de l'espèce <i>Juniperus oxycedrus L.</i>	15
4	Représentation de l'espèce <i>Juniperus phoenicia L.</i>	18
5	Protocole de lextraction	26
6	Histogramme des rendements des extraits en pourcentage	35
7	Histogramme des teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes	39
8	Activité anti-radicalaire de l'acide ascorbique (test DPPH)	42
9	Activité antiradicalaire de l'extrait hydro-éthanolique de <i>Juniperus phoenicia L.</i> Par le test DPPH.	42
10	Activité antiradicalaire de l'extrait hydro-éthanolique de <i>Juniperus oxycedrus L.</i> par le test DPPH.	43
11	Activité antiradicalaire de l'extrait hydro-éthanolique de <i>Cedrus atlantica</i> Par le test DPPH	43

Liste des photographies

N°	Titre de la photographie	PAGE
1	Poudre des feuilles	24
2	Macération hydro-éthanolique des trois plantes	24
3	Filtration des extraits hydro-éthanoliques	25
4	Séchage des trois extraits dans l'étuve	26
5	Grattage des extraits	26

Liste des abréviations

AAR : Activité anti-radicalaire

AlCl₃: trichlorure d'aluminium

A.niger: *Aspergillus niger*

ATCC: American Type Culture
Collection

B. cereus: *Bacillus cereus*

C. albicans: *Candida albicans*

CMI: Concentration Minimale Inhibitrice

DI: Diamètre d'inhibition

DMSO : diméthyl sulfoxyde

DPPH: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyle

E.coli : *Escherichia coli*

EAG: Equivalent Acide Gallique

EC: Equivalent Catéchine

EQ: Equivalent Quercétine

ER: Equivalent Rutine

F: Nitrofurantoïne

FeCl₃ : Chlorure de fer

HCl: chlorure d'hydrogène

HE: Huile essentielle

H₂SO₄: Acide sulfurique

I₂: Diiode

IC 50: Concentration inhibitrice de 50%

J.-C.: Jésus-Christ

KI: Iodure de potassium

K. pneumoniae : *Klebsiella pneumoniae*

MeOH: méthanol

MH: Mueller Hinton

MMP: Métalloprotéinases matricielles

2 N: 2 Normalité

NH₄OH: Hydroxyde d'ammonium

OFX: Ofloxacine

OX: Oxacilline

P. aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*

PDA: Gélose dextrose à la pomme de
terre

±: Plus ou moins

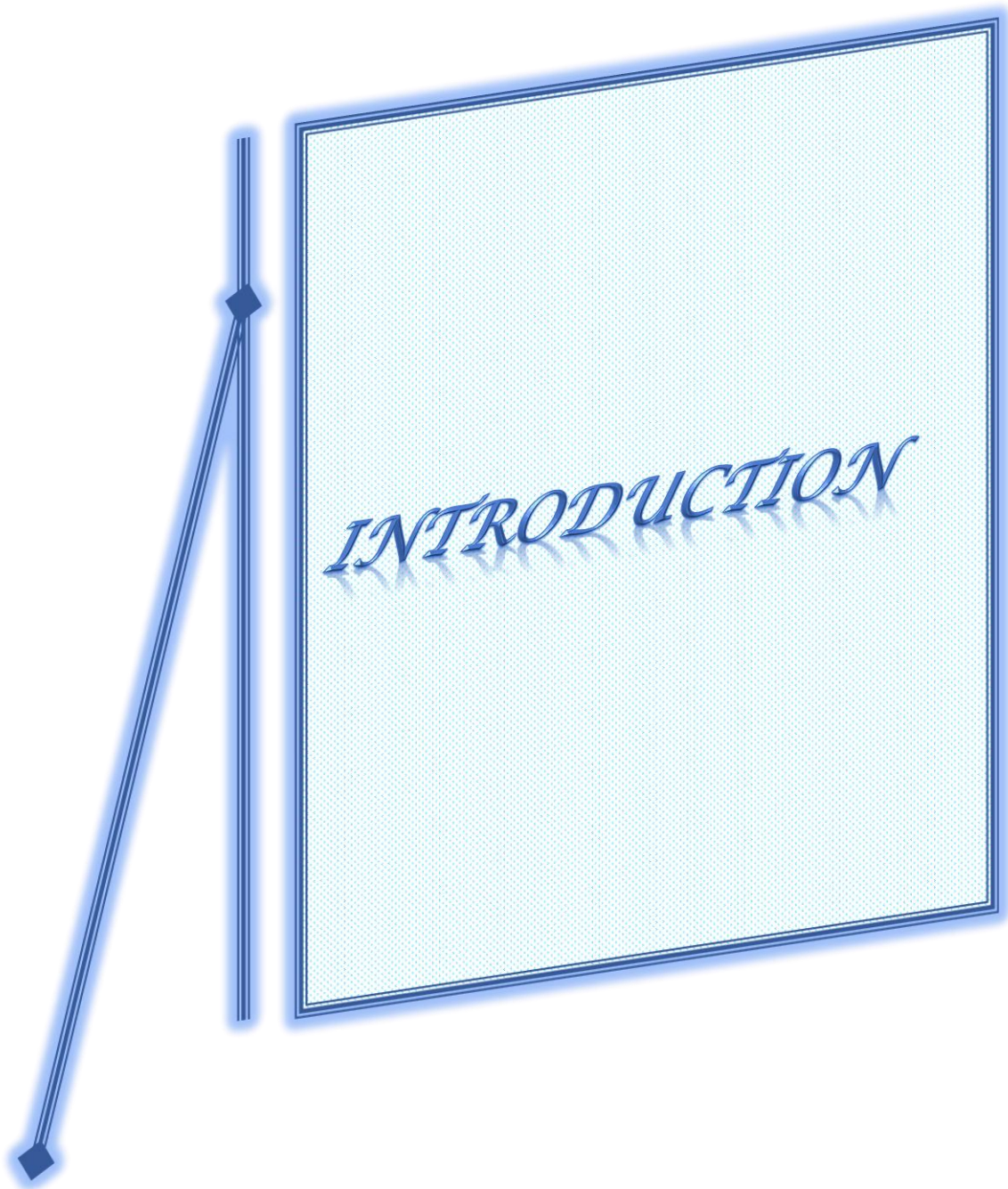
R(%): Rendement en pourcentage

S. aureus: *Staphylococcus aureus*

SD: Standard deviation

S. haemolyticus: *Staphylococcus
haemolyticus*

V: Volume



INTRODUCTION

Le développement de la résistance aux antibiotiques est devenu au cours de ces dernières années, une préoccupation majeure en termes de santé humaine et animale. En effet, cette évolution remet en question l'efficacité des médicaments et peut aggraver le pronostic de certaines maladies infectieuses, avec des conséquences sociales et économiques importantes (**Guillot et al., 2014**). De plus, les effets nuisibles du stress oxydant sur la santé humaine sont devenus un vrai problème, l'utilisation de molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause en raison des risques toxicologiques potentiels (**Bammou et al., 2020**).

Les plantes médicinales constituent depuis toujours une alternative idéale à travers leurs emplois dans plusieurs secteurs y compris le domaine médical et pharmaceutique. À cet égard, plusieurs résolutions ont été adoptées afin de répondre au regain d'intérêt suscité par leurs usages et comprendre ainsi certaines propriétés préconisées par nos ancêtres (**Djeridane et al., 2006**).

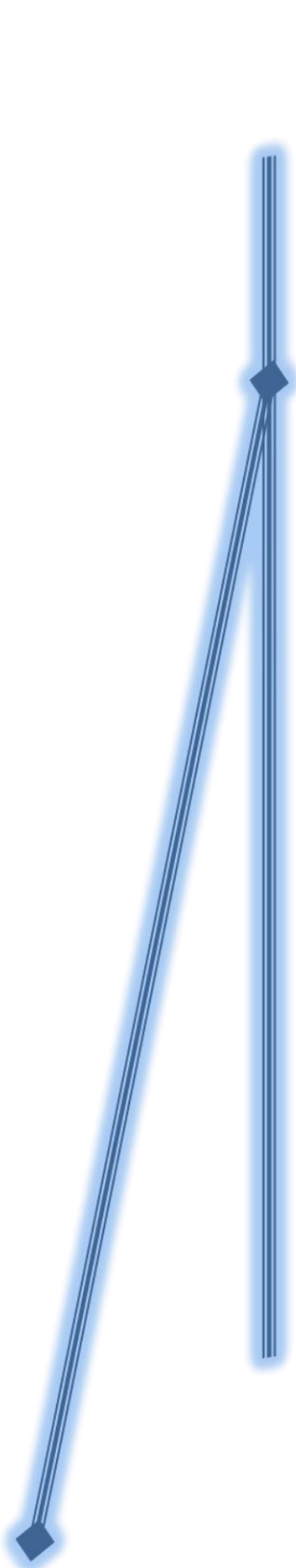
Les plantes contiennent un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie, en alimentation, en cosmétologie et en dermopharmacie. Parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tanins, les lignanes, les terpènes et les flavonoïdes (**Abedini, 2014**). Différentes études ont montré que ces molécules sont dotées de diverses propriétés y compris antioxydantes, antimicrobiennes, antiinflammatoires antihelminthiques, antidiabétiques ...*etc.*

L'Algérie, pays connu par ces ressources naturelles, dispose d'une flore singulièrement riche et diversifiée. On compte environ 3000 espèces de plantes dont 15% endémiques et appartenant à plusieurs familles botaniques (**Gaussen et Leroy, 1982**).

Dans le cadre de la valorisation des espèces végétales de l'Algérie, surtout la région des Aurès, et de chercher des alternatives aux antibiotiques et des antioxydants synthétiques, notre étude a pour objectif principal l'évaluation de l'activité antimicrobienne, l'activité antioxydante et la teneur en polyphénols et flavonoïdes des extraits de trois plantes endémiques de cette région (*Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.*).

Pour atteindre cet objectif, le présent mémoire est subdivisé en quatre parties :

- Etude bibliographique, rassemble des généralités et notions essentielles sur les plantes endémiques et leurs propriétés.
- Partie matériel et méthodes, présente le matériel et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail.
- Partie résultats et discussion, mentionne les résultats obtenus au cours de notre étude expérimentale.
- Enfin, une conclusion qui permettra de tirer quelques perspectives nécessaires pour mieux approfondir dans le travail.



*SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE*

1 Plantes endémiques

1.1 Généralités sur les plantes endémiques

Les espèces végétales endémiques sont des plantes qui existent dans une région géographique particulière ; l'endémisme étant considéré comme un facteur important pour la préservation de la biodiversité à l'échelle locale, nationale et mondiale, l'identification du nombre et de la répartition des plantes endémiques dans une zone biogéographique est un point préliminaire pour évaluer la protection de cette région définie (**Hassanpouraghdam et al., 2022**).

Un taxon endémique est limité à une zone géographique confinée en raison de paramètres tels que l'isolement ou d'autres conditions abiotiques. La connaissance de l'endémicité est nécessaire pour compenser les priorités de préservation (**Lima et al., 2020**).

1.2 Conservation des plantes endémiques

1.2.1 Conservation *in situ*

La conservation *in situ* a été considérée comme une stratégie de la création de réserves naturelles, elle est particulièrement importante pour la préservation des plantes endémiques dans laquelle une espèce est maintenue dans son habitat naturel et récupérée à son emplacement d'origine (**Wu et al., 2024**).

1.2.2 Conservation *ex situ*

La conservation de la biodiversité en dehors de ses habitats naturels, Le stockage conventionnel dans une banque de semences (stockage à sec à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) est la méthode la plus simple et efficace pour la conservation *ex situ* du matériel génétique végétal et c'est également le meilleur choix car il préserve le matériel génétiquement diversifié (**Figure 01**) (**Coelho et al., 2020**).



Figure 01 : Conservation des plantes endémiques *ex situ* (**D'Antraccoli et al., 2023**)

2 Activités biologiques des substances naturelles des plantes endémiques

Les extraits de plantes sont utilisés à des fins médicinales depuis l'Antiquité, les plantes médicinales et aromatiques sont composées de divers composés phytochimiques dotés de fortes propriétés biologiques notamment, des effets antioxydants et antimicrobiens, l'exploitation d'espèces endémiques peut donner un intérêt pharmacologique pour la production de médicaments verts utilisant des substances naturelles (**Chrysargyris et al., 2024**).

2.1 Activité antimicrobienne

De nombreux chercheurs effectuent des recherches sur les plantes afin de découvrir d'éventuels composés antimicrobiens. La toxicité des tanins pour les champignons, les bactéries et les levures est examinée, les différents mécanismes proposés jusqu'à présent pour expliquer l'activité antimicrobienne des tanins comprennent l'inhibition des enzymes microbiennes extracellulaires et la privation des substrats nécessaires à la croissance microbienne ou l'action directe sur le métabolisme microbien par l'inhibition de la phosphorylation oxydative (**Scalbert, 1991**).

2.2 Activité antivirale

Ces dernières années, la recherche de substances naturelles pour lutter contre les maladies virales s'est intensifiée, D'après **Loaiza-Cano et al. (2020)** l'effet antiviral de composés phénoliques contre le virus de la dengue (DENV) a été démontré, Vingt composés phénoliques ayant une activité anti-DENV sont examinés y compris les multiples mécanismes d'action tels que ceux dirigés contre les particules virales et les voies liées au cycle viral.

2.3 Activité anticancéreuse

D'après **Naso et al. (2023)**, les composés phytochimiques tels que les flavonoïdes ont des vertus médicinales potentielles telles qu'une action antioxydante, anti-inflammatoire, anticancéreuse et antivirale, lorsque différentes lignées cellulaires ont été incubées avec douze flavonoïdes ils se sont comportés comme des composés pro-oxydants présentant des propriétés anticancéreuses et tuant sélectivement les cellules tumorales sans effets secondaires sur les cellules normales.

2.4 Activité antioxydante

Les terpénoïdes (comme les monoterpènes et les caroténoïdes) et les polyphénols (comme la quercétine et d'autres flavonoïdes) sont des substances naturelles majeures qui ont un large éventail d'effets antioxydants (**Gutiérrez-del-Río *et al.*, 2021**).

2.5 Activité antiallergique

Les métabolites bioactifs des plantes médicinales ont été utilisés traditionnellement pour soulager les symptômes de la rhinite allergique (**Rahim *et al.*, 2021**). Les flavonoïdes contenant des noyaux hétérocycliques fusionnés dans leur structure chimique se sont révélés présenter une variété d'effets pharmacologiques notamment, antiallergiques et anti-inflammatoires, avec ces propriétés les flavonoïdes peuvent être un candidat puissant pour la découverte de leur utilisation dans d'autres maladies comme l'asthme (**Kaur *et al.*, 2021**).

2.6 Activité cardiovasculaire

Les effets biologiques des flavonoïdes impliquent des interactions biochimiques avec de nombreuses cibles cellulaires et moléculaires spécifiques, les flavonoïdes ayant la capacité de la modulation directe/indirecte des canaux K⁺ cardiovasculaires (**Fusi *et al.*, 2020**). Les flavonoïdes ont des effets sur le système cardiovasculaire par leur potentiel à produire une vasodilatation et à réguler les processus apoptotiques dans l'endothélium (**Ciumărnean *et al.*, 2020**).

2.7 Activité antiinflammatoire

Les polyphénols ont divers effets bénéfiques sur les maladies caractérisées par l'inflammation; des études utilisant des échantillons humains dérivés de patients et des expériences cellulaires ont suggéré que les polyphénols peuvent être bénéfiques contre les maladies inflammatoires en supprimant l'expression génétique et l'activité enzymatique des MMP (les métalloprotéinases matricielles) qui jouent un rôle dans diverses maladies inflammatoires notamment, l'arthrose, la polyarthrite rhumatoïde. Les analyses moléculaires ont fourni une base structurelle pour l'interaction entre les polyphénols et les MMP et aideront à explorer de nouveaux médicaments à base de polyphénols ayant des propriétés anti-inflammatoires (**Suzuki *et al.*, 2023**).

3 Les principes actifs des plantes

Les substances phytochimiques sont des substances produites principalement par les plantes, et ces substances ont une activité biologique. Dans l'industrie pharmaceutique, les plantes représentent la principale source d'obtention de divers ingrédients actifs. Ils présentent des effets pharmacologiques applicables au traitement des infections bactériennes et fongiques ainsi que des maladies chroniques-dégénératives telles que le diabète et le cancer (**Mendoza et Silva, 2018**).

3.1 Classification des substances naturelles des plantes

La classification des substances naturelles des plantes est basée sur leur structure chimique, leur composition, leur solubilité dans divers solvants ou la voie par laquelle elles sont synthétisées. Le principal système de classification comprend 3 grands catégories: **les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques**. Pour chacun d'entre eux, des sous-classes sont prévues dont la structure est complexe (**Kabera et al., 2014**).

3.1.1 Les terpénoïdes

Les terpénoïdes constituent l'une des familles de produits naturels les plus diversifiées, englobent plus de 40 000 composés individuels présents à la fois dans le métabolisme primaire et secondaire, ils ont des activités anti-inflammatoires, antibactériennes et antivirales, inhibent les maladies cardiovasculaires et y remédient, favorisent l'absorption transdermique et ont des effets hypoglycémiques (**Tableau 01**) (**Mohammadi-Cheraghabadi et Hazrati, 2023**).

3.1.2 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés hétérocycliques contenant de l'azote, généralement isolés des plantes (**Yan et al., 2021**). Ils sont regroupés en fonction de leur précurseur biosynthétique en 3 groupes: les vrais alcaloïdes, les proto-alcaloïdes et pseudo-alcaloïdes (**Tableau 02**) (**Djama et Karour, 2020**).

3.1.3 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont abondants dans les plantes (**Bhatia et al., 2024**). Ils présentent une grande diversité structurale (**Alara et al., 2021**). Ils appartiennent à 4 classes: acides phénoliques, tanins, anthocyanes et flavonoïdes (**Tableau 03**) (**Indelicato et al., 2023**).

Tableau 01 : Principales sous-classes des terpénoïdes et leur origine

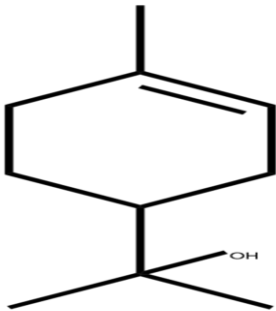


Terpénoïdes		
Structure	Origine (exemple)	
 <p>structure simple de terpénoïde (Site 02)</p>	 <p>présents dans les huiles essentielles (Siddiqui <i>et al.</i>, 2024)</p>	 <p>très répandus dans les caroténoïdes (Meléndze-Martínez <i>et al.</i>, 2019)</p>
Sous-classes		
<p><u>Les stéroïdes</u> : sont largement présents dans les tissus des plantes, les stéroïdes comprennent les stérols et leurs dérivés. Le phytostérol est impliqué dans le métabolisme des plantes (Kolekar <i>et al.</i>, 2019).</p> <p><u>Les caroténoïdes</u> : sont principalement des terpénoïdes en C40, les caroténoïdes servent également de précurseurs à deux hormones végétales et à un ensemble diversifié d'apocaroténoïdes (Nisar <i>et al.</i>, 2015).</p> <p><u>Les terpènes</u> : sont des composés organiques constitués d'isoprène, un élément de construction à cinq carbones, un monoterpène est une molécule cyclique composée de deux unités d'isoprène ; les terpènes sont généralement composés de deux, trois, quatre ou six unités d'isoprène. On les appelle respectivement monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes et triterpènes (Nollet, 2023).</p>		

Tableau 02 : Principales sous-classes des alcaloïdes et leur origine



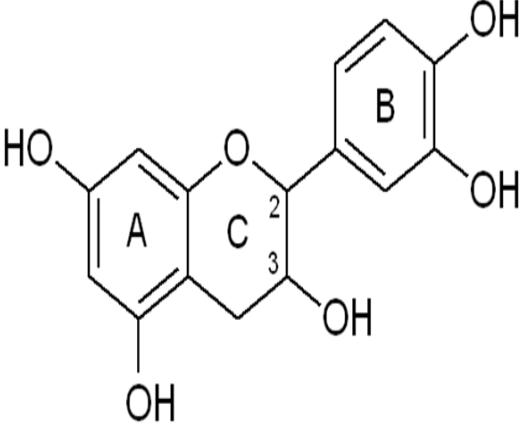


Alcaloïdes		
Structure	Origine (exemple)	
 <p>Molécule alcaloïde de la caféine (Site 03)</p>	 <p>Le pavot à opium contient les alcaloïdes (Graham et Houston, 2024)</p>	 <p>Le pavot de Californie comprend les principaux alcaloïdes (Chauveau et al., 2023)</p>
Sous-classes		
<p><u>Alcaloïdes vrais :</u> ce sont des dérivés d'acides aminés, dont l'atome d'azote est inclus dans le système hétérocyclique. Ils sont présents sous forme libre, ou sous forme de sel, ou comme N-Oxyde (Khitour et Bachani, 2020).</p> <p><u>Proto-alcaloïdes :</u> sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle, basiques, élaborés <i>in vivo</i> à partir d'acide aminé (Dih et Belguendouz, 2022).</p> <p><u>Pseudo-alcaloïdes :</u> présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais mais ce ne sont pas des dérivés des acides aminés (Loucif, 2020).</p>		

Tableau 03: Principales sous-classes des composés phénoliques et leur origine

composés phénoliques		
Structure	Origine (exemple)	
 <p>structure de base des flavonoïdes (Site 04)</p>	 <p>Fraises contiennent des composés phénoliques (Seeram <i>et al.</i>, 2006)</p>	 <p>Les flavonoïdes sont les polyphénols les plus abondants dans le raisin (Kaşıkçı et Bağdathoğlu, 2024)</p>
sous-classes		
<p>Les tanins : constituent une classe majeure de polyphénols alimentaires, ils possèdent des propriétés bénéfiques pour la santé (Zeng <i>et al.</i>, 2023).</p> <p>Les acides phénoliques : forment l'un des plus grands groupes de composés phénoliques, ils contiennent généralement un groupe carboxyle et un ou plusieurs groupes hydroxyles liés à l'anneau aromatique (Valanciene <i>et al.</i>, 2020).</p> <p>Les flavonoïdes : sont les polyphénols les plus abondants dans les plantes (Tao <i>et al.</i>, 2024). Les flavonoïdes se composent d'une vaste gamme de composés aux activités variables (Lee <i>et al.</i>, 2024).</p> <p>Les anthocyanes : constituent une sous-famille de flavonoïdes particulièrement importante car ce sont, avec les chlorophylles les principaux pigments végétaux (Dangles et Deluzarche, 1994).</p>		

4 La phytothérapie

Le terme «phytothérapie» provient de deux mots grec *therapeia* signifie traitement et *phyton* signifie plantes, l'ensemble constitue «thérapie par les plantes». Il s'agit de l'une des plus anciennes pratiques thérapeutiques utilisées par l'homme (**Leite et al., 2021**).

4.1 Types de la phytothérapie

Malgré l'évolution de la médecine moderne, les produits à base de plantes continuent de répondre aux besoins thérapeutiques dans les contextes traditionnels et cliniques. Les types de phytothérapie comprennent l'aromathérapie, l'herboristerie, gemmothérapie, la phytothérapie en pharmacie et la phytothérapie chinoise (**Parfait et Lawrence, 2023**).

4.1.1 Aromathérapie

L'aromathérapie est une méthode de traitement naturel qui utilise des huiles essentielles (HE) extraites de plantes aromatiques (**Cao et al., 2023**).

4.1.2 Gemmothérapie

La gemmothérapie également, connue sous le nom de phytoembryothérapie, est une méthode homéopathique moderne de drainage biothérapeutique utilisant des extraits de divers arbres et arbustes, est utilisée des pousses naissantes, graines, radicules et sève est prélevée au moment le plus fort de la germination annuelle de la plante (**Raiciu, 2019**).

4.1.3 Herboristerie

L'herboristerie ou l'herbologie, est «l'étude des plantes et leurs usages médicaux». Cette définition peut être élargie pour inclure la culture de plantes aromatiques, en particulier celles qui sont considérées comme ayant des propriétés médicinales (**Ameh et al., 2011**).

4.1.4 Phytothérapie en pharmacie

Les plantes constituent un réservoir pour les pharmacopées du monde. Plusieurs médicaments importants sont fabriqués à partir des substances actives d'origine végétales (**Ouedraogo et al., 2021**).

4.1.5 Phytothérapie chinoise

La phytothérapie chinoise est pratiquée depuis des milliers d'années pour la prévention, le traitement et la guérison des maladies. La phytothérapie implique l'utilisation de composés naturels, dont les ingrédients actifs (**Yang et al., 2018**).

5 Monographie des plantes sélectionnées

Les massifs montagneux tel que Djebel Chilia culmine à 2328 m de la wilaya de Khenchela se caractérisent par une richesse et une diversité floristique exceptionnelle. A partir des travaux de **Abdessemed (1981)** et **Quezel et santa (1963)**, près de 400 espèces de plantes vasculaires appartenant à 231 genres et 60 familles botaniques ont été recensées, dont le nombre d'espèces endémiques est environ 62 espèces et le taux d'endémicité 15,58 %. Parmi les espèces particulières à la région de Khenchela, nous avons sélectionné 3 espèces : *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.*

5.1 *Cedrus atlantica*

5.1.1 Description botanique

Le cèdre de l'Atals est une espèce résineuse pinacée endémique des montagnes d'Afrique du Nord qui suscite un intérêt international pour son utilisation dans le reboisement d'écosystèmes dégradés (**El Bakkali et Amraoui, 2022**).

L'arbre de cèdre de l'Atals à port conique pyramidal à l'état jeune et devient tortueux et tabulaire chez les individus les plus âgés ; Il peut atteindre les 60 m dans les conditions écologiques les plus favorables, le diamètre du tronc prend souvent des formes considérables pouvant atteindre 1 m, l'unité architecturale de cette espèce est caractérisée par cinq catégories d'axes végétatifs qui sont : le tronc, la branche, le rameau long, la ramille et le rameau court, son écorce est de couleur grise et de forme écailleuse lisse qui se crevasse avec l'âge, les rameaux sont longs d'une coloration grise jaunâtre à pubescence dense, assez longue avec une coloration beige claire, les feuilles ou aiguilles, sont de forme subteragones, vertes ou glauques, de moins de 2,5 mm de longueur avec un apex aigu, les bourgeons sont petits, ovoïdes, globuleux de couleur beige claire ou brune, les fleurs males sont des chatons cylindriques dressés, d'un jaune verdâtre, les inflorescences femelles sont des chatons ovoïdes (cônes) dressés d'un vert pâle, de 5 à 8 cm de longueur et atteignent au plus 10 cm, cylindriques à sommet aplati ou déprimé, le bord supérieur de l'écaille est bordé d'un liséré châtain foncé, la graine de 10 à 14 mm de longueur, subtriangulaire, marron roux se termine par une aile large, le poids de 1000 graines est évalué entre 60 à 100 g (**Figure 02**) (**El Bakkali, 2020**).

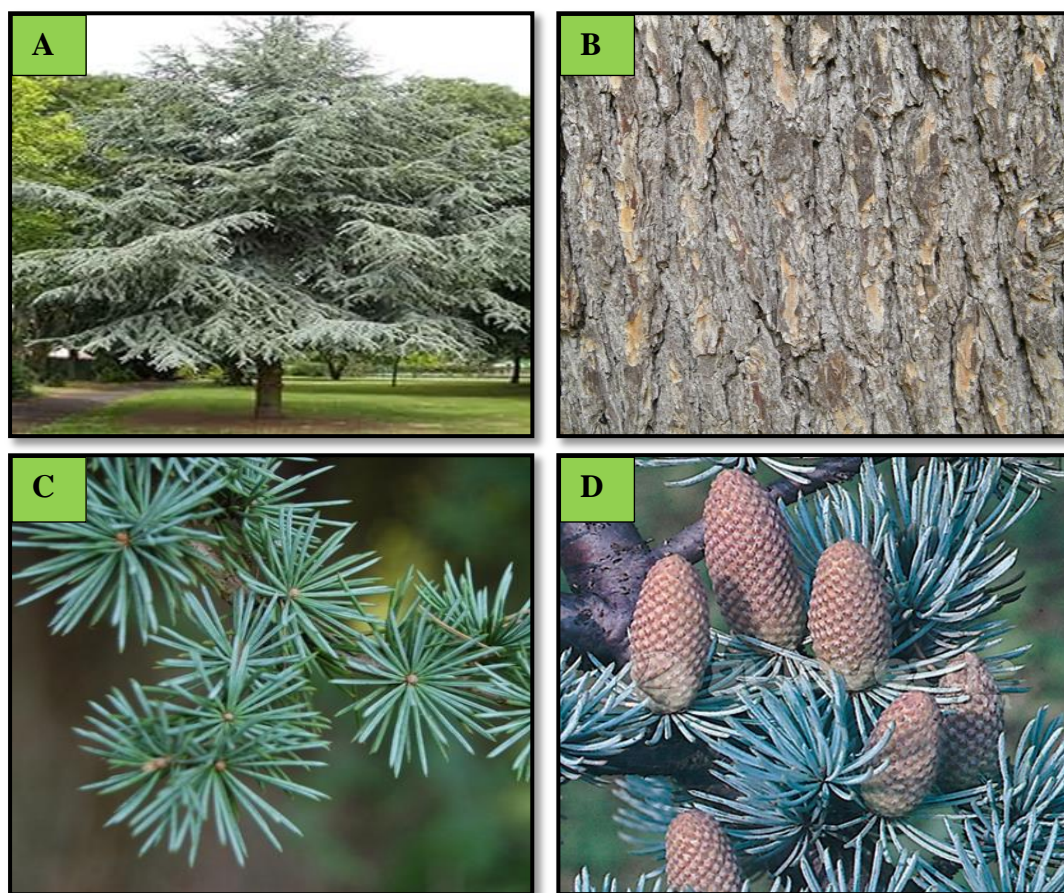


Figure 02 : Représentation de l'espèce *Cedrus atlantica* : **A**) : Arbre complet (**Site 05**)
B) : Ecorce (**Site 08**), **C**) : Rameau et feuilles (**Site 06**), **D**) : Cônes (**Site 07**)

5.1.2 Nomenclature (Tableau 04)

Tableau 04 : Nomenclature de l'espèce végétale *Cedrus atlantica*

Nomenclature	
Français	cèdre de l'Atlas
Nom scientifique	<i>Cedrus atlantica</i> Manetti (Najem <i>et al.</i> , 2022)
Nom commun anglais	Atlas cedar (Najem <i>et al.</i> , 2022)
En arab	Arz (Sbajdji <i>et al.</i> , 2009)
En berbère	Idil ou Begnoun (Sbajdji <i>et al.</i> , 2009)

5.1.3 Classification (Tableau 05)

Tableau 05 : position taxonomique du Cèdre de l'Atlas (Djerrah et Ihadrien, 2017)

Embranchement	Spermaphytes
S/Embranchement	Gymnospermes
Classe	Vectrices
Ordre	Coniférales
Famille	Pinacées
Genre	<i>Cedrus</i>
Espèce	<i>Cedrus atlantica</i> Manetti

5.1.4 Aires de répartition

5.1.4.1 Dans le monde

Plusieurs études indiquent l'origine Nord-Est asiatique du *Cedrus*, un groupe de plantes horticoles très important économiquement et écologiquement, et montrent que toutes les espèces de *Cedrus*, appartenant à la fois aux régions méditerranéenne et himalayenne, étaient beaucoup plus largement réparties dans la zone de haute latitude entre Europe, Asie et Afrique avant de migrer en Afrique du Nord à la fin du Tertiaire (Charco, 2001 ; Manzi, 2011). Il existe quatre espèces de cèdre dans le monde *Cedrus libani* Rich (Anatolie, montagne du Taurus, Erbaa, Niksar, Liban, Palestine et Syrie), *Cedrus deodara* Don (Himalaya, Afghanistan et Baloutchistan), *Cedrus brevifolia* Henry de Chypre et *Cedrus Atlantica Manetti* [Rif et Atlas marocain, Algérie] (López-Tirado *et al.*, 2021).

Le Cèdre de l'Atlas est une espèce endémique d'Afrique du Nord. Il occupe les montagnes de l'Afrique du nord et plus précisément celles du Maroc [16000 ha dans le Rif, 116000 ha dans les moyen et haut Atlas] (Hamadi *et al.*, 2022). Le cèdre de l'Atlas se trouve à des altitudes comprises entre 1 300 et 2 600 m au-dessus du niveau de la mer, où les précipitations annuelles sont comprises entre 500 et 2 000 mm et où la température minimale du mois le plus froid est comprise entre -1 et -8 °C. Le Moyen Atlas (nord du Maroc) contient environ 80 % de la surface des forêts de cèdre de l'Atlas environ 100 000 ha (Linares *et al.*, 2011).

5.1.4.2 En Algérie

En Algérie les peuplements de cèdre occupent environ 27000 ha (**Kharchouche, 2013**). Répartis en trois groupes : le groupe de l'Ouarsenis, le groupe des Aurès et le groupe du Djurdjura, dans le massif de l'Ouarsenis, le cèdre apparaît dans l'Atlas mitidjien ou Atlas de Blida (1.040ha). Le cèdre dans les Aurès est groupé en deux massif principaux l'un à l'ouest, près de Batna avec la forêt de Bélezma sur les flanc de Djbel Touggourt (8.100 ha), l'autre à 50 km à l'est , près de Khenchela dans les massifs des Beni Oudjana sur 3.000 ha (Mont Chilia), des Ouled Yacoub (3.000 ha), de Djebel Feraoun et de Djebel Aidel. Le cèdre dans le Djurdjura se développent particulièrement dans le massif des Babors (**M'herit et Benzyane, 2006**).

5.1.5 Composition chimique

Concernant les métabolites secondaires de *Cedrus atlantica*, quelques études ont été réalisés sur les extraits par solvants de cônes de *C. atlantica*. L'extrait à l'éther diéthylique de cônes provenant d'Angleterre est constitué en majorité d'acides résiniques (**Nam, 2014**). Un extrait à l'hexane, provenant de la région d'Ifrane dans le moyen Atlas (Maroc) est constitué principalement de diterpènes possédant le squelette abiétane (**Barrero et al., 2005**). Pour l'huile essentielle d'aiguilles de *C. atlantica* la composition d'un échantillon en provenance de Rabat (Maroc) est dominée par les monoterpènes oléfiniques, l' α -pinène 34%, le β -pinène 32 % et le myrcène 17 % (**Lahlou, 2003**). L'huile essentielle en provenance de la forêt de Bainem (Algérie) est, quant à elle, composée de monoterpènes tels que l' α -pinène (18 %) et l' α -terpinéol (7 %) et de sesquiterpènes tels le β -caryophyllène (9 %) et l'oxyde de caryophyllène (10 %) (**Boudarene et al., 2004**).

5.1.6 Usages traditionnels

Le cèdre est l'une des plantes les plus recherchées au monde en raison de la qualité de son bois et de sa richesse en molécules bioactives pouvant être utilisées dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et de la parfumerie (**Chauiyakh et al., 2023**). Le cèdre est utilisé en ébénisterie. Les Marocains l'apprécient beaucoup surtout dans la fabrication des meubles rustiques et des accessoires décoratifs, sa renommée est due, en dehors de la qualité de son bois, à son odeur caractéristique et sa résistance aux attaques des insectes et champignons (**El Azzouzi et Keller, 1998**). **Toth (1990)** a signalé que la résine et l'huile de cèdre, dans l'antiquité, étaient très recherchées. Les Egyptiens les utilisaient pour embaumer les morts.

5.2 *Juniperus oxycedrus* L.

5.2.1 Description botanique

Le genévrier oxycède ou genévrier cade “*Juniperus oxycedrus* L.” est l'une des espèces les plus répandues du genre *Juniperus* (Quezel et Gast, 1998). Il appartient à la famille des cupressacées, il se présente sous forme d'arbre et d'arbuste, qui peuvent atteindre dix mètres de hauteur à feuilles persistantes, étroites et épineuses qui sont toujours vertes (Gray, 1864). Elles sont très étalées, verticillées par 3 et disposées sur 6 rangs, toutes linéaires en alène à pointe fine et piquante, articulées, non décurrentes, marquées de 2 sillons blanchâtres séparés par la nervure médiane en dessus, à carène obtuse et non sillonnées en dessous. Ses fleurs dioïques et ses fruits sont rouges et luisants à la maturité, sub-globuleux, assez gros (8-10 mm), dépassés ou égalés par les feuilles variant à des fruits plus gros, ovoïdes (Figure 03) (Mansouri *et al.*, 2011).



Figure 03 : Représentation de l'espèce *Juniperus oxycedrus* L. : **A) :** Arbre complet (Site 11), **B) :** Feuilles « aiguilles » (Site 09), **C) :** Fruits pas mûrs (Site 12), **D) :** Fruits mûrs (site 10).

5.2.2 Nomenclature (Tableau 06)

Tableau 06 : Nomenclature de l'espèce végétale *Juniperus oxycedrus* L.

Nomenclature	
en français	Genévrier cade (Hafsi et al., 2017)
Nom latin	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.(Site 11)
Nom commun anglais	prickly juniper (Site 11)
en arabe dialectal	«Taga» (Hafsi et al., 2017)
en arabe	الععر الكادي، عرعر شربيني، شربين، عرعر شائك، أرز شائك (Site 13)

5.2.3 Classification (Tableau 07)

Tableau 07: position taxonomique du *Juniperus oxycedrus* L. (**Quézel et Santa, 1962**)

Embranchement	Spermaphytes
Sous- Embranchement	Gymnospermes
Classe	Conifères
Ordre	Coniférales
Famille	Cupressacées
Genre	<i>Juniperus</i>
Espèce	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.

5.2.4 Aires de répartition

5.2.4.1 Dans le monde

Le *Juniperus oxycedrus* est présent dans toute la région méditerranéenne, y compris dans des pays tels que l'Espagne, la France, l'Italie, la Grèce et le Portugal. On le trouve également dans certaines parties de l'Europe centrale et de l'Europe de l'Est. On peut trouver cette espèce dans certaines parties du Moyen-Orient, notamment en Turquie, en Syrie, au Liban, et en Palestine. Le *Juniperus oxycedrus* se trouve également dans certaines

régions d'Asie, notamment en Iran, en Irak et en Jordanie. Il est répandu dans les pays d'Afrique du Nord, notamment le Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la Libye.

Le climat méditerranéen de cette région est propice à la croissance du *Juniperus oxycedrus*. C'est une espèce qui se développe sur des pentes sèches, mais aussi sur les dunes. Elle apprécie les lieux arides, rocaillieux, sur calcaire ou sur sols acides (**Reggad et Rezek, 2023**).

5.2.4.2 En Algérie

Dans l'Algérie, ce genre est présent sous forme de cinq espèces, parmi lesquelles deux sont rares *J. thurifera* et *J. communis*, une très rare *J. sabina* et les deux dernières, dans un état de dégradation *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* (**Ouaar, 2023**). *J. oxycedrus* en Algérie occupe plusieurs zones bioclimatiques, dont les régions humides et hyperarides. Selon la Flore d'Algérie, cette espèce se trouve dans les régions montagneuses du pays, notamment dans les montagnes de l'Atlas, les Aurès et les montagnes de Kabylie. La présence de *Juniperus oxycedrus* L. dans les climats semi-arides et sub-humides des Hauts Plateaux du Nord-Est de l'Algérie (**Ghouati et Rabah, 2023**).

5.2.5 Composition chimique

Selon **Negreche et Benattia (2019)**, l'analyse phytochimique de *Juniperus oxycedrus* révèle une présence importante de tanins, ainsi qu'une quantité modérée de terpènes. En revanche, la plante présente de faibles teneurs en alcaloïdes et en flavonoïdes libres avec absence totale des anthocyanines et les saponosides. Les résultats de l'étude de **Massei et al. (2006)** sur la même espèce, indique que cette plante contient des concentrations élevées de composés phénoliques et de terpénoïdes.

5.2.6 Usages traditionnels

Les cônes du *J. oxycedrus* en Europe méridionale sont agréables à manger tels quels. Ils sont charnus, un peu farineux, et à la fois sucrés et utilisés dans la préparation du «purée». L'huile de cade est distillée du bois de se genévrier, elle est utilisée dans les problèmes de peau, la perte des cheveux, comme antiseptique et insecticide (**Couplan, 2009**). Le Genévrier de cade considéré comme un bon remède traditionnel contre les maladies inflammatoires, infectieuses telles que, la bronchite et le rhume. Les feuilles de cette plante sont utilisées contre le diabète sous forme de décoction, la diarrhée et le rhumatisme. De plus, l'extrait de fruit bouillie est utilisé comme un traitement des troubles gastro-intestinaux (**Graichi et al., 2020**).

5.3 *Juniperus phoenicia* L.

5.3.1 Description botanique

Généralement *J. phoenicea* L. est un arbuste d'environ 1 à 3 m d'hauteur, mais pouvant atteindre jusqu'à 8 à 10 mètres, c'est une espèce monoïque, assez rarement dioïque à feuillage persistant non piquant et aromatique (Harrath et Benmedakhen, 2023). Son cycle de reproduction s'étend sur 2 ans, et les arbres adultes produisent des cônes mûrs de couleur brune. Les arbres adultes produisent des arcestides mûres, de couleur brune, qui ressemblent à des baies et qui contiennent des graines qui sont dispersées par des vertébrés de taille moyenne à grande d'octobre à février (García et al., 2014). Les rameaux épais couverts de feuilles vert foncé, squamiformes, fortement appliquées sur les rameaux, généralement en 4 rangs, longues et larges de 1 mm environ, marquées d'un sillon glanduleux sur le dos. Fruit globuleux, de 6-15 mm, terminal sur les rameaux (Telaidji, 2018). L'écorce brun rougeâtre, le système racinaire est profond. Leur durée de vie est très longue, pouvant aller jusqu'à 1000 ans (Figure 04) (Amalou et Mouhoubi, 2014).

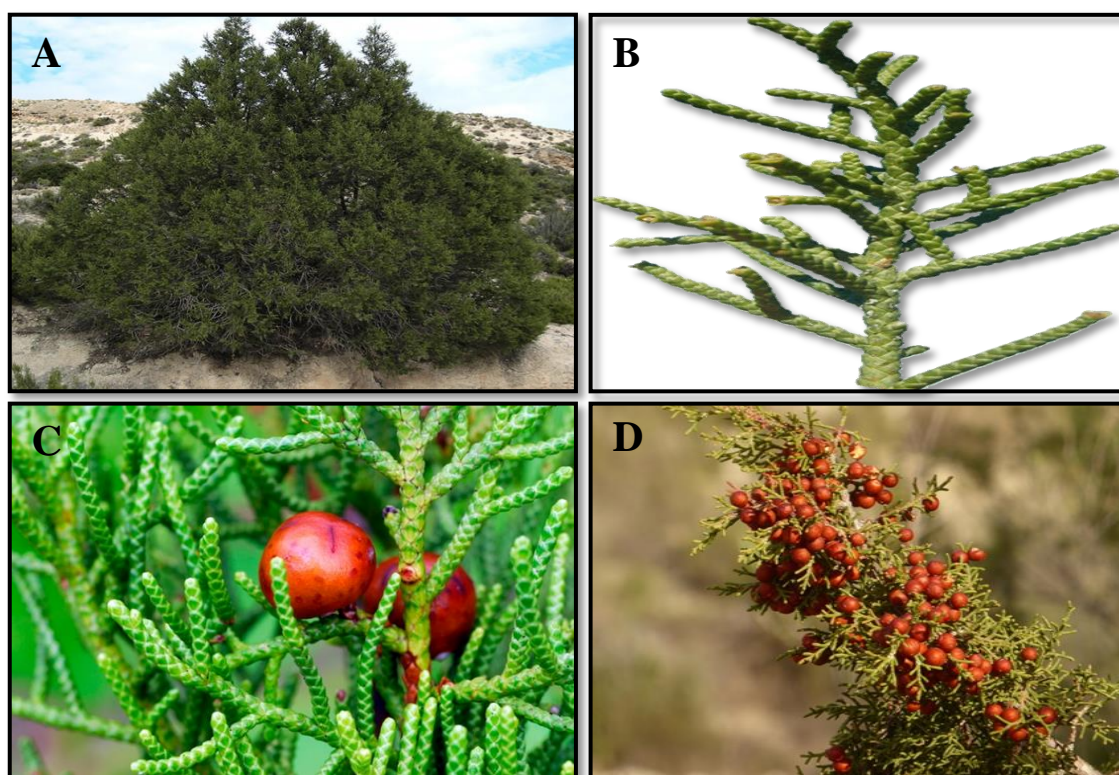


Figure 04 : Représentation de l'espèce *Juniperus phoenicia* L.:**A)** Arbre complet (Site 16), **B)** Rameau (Site 14), **C)** Feuilles vert: (Site 15), **D)** des baies (site 17).

5.3.2 Nomenclature (Tableau 08)

Tableau 08 : Nomenclature de l'espèce végétale *Juniperus phoenicia* L.

Nomenclature	
Français	Genévrier de phénicie, Fausse sabine (Ruiz, 1993)
Anglais	Phoenician-cedar, Berry-bearing-ceder (Ruiz, 1993)
Nom scientifique	<i>Juniperus phoenicea</i> L. (Benkhniqne et al., 2014)
Italien	Cedrolicio (Ruiz, 1993)
en arabe	Al-ar'ar finiqui (Benkhniqne et al., 2014)

5.3.3 Classification (Tableau 09)

Tableau 09: position taxonomique du *Juniperus phoenicia* L.(Small et Dentsch, 2001)

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophytes
Sous Embranchement	Gymnospermes
Classe	Pinopsida
Ordre	Pinales
Ordre	Cupessaceae
Genre	<i>Juniperus</i> L
Espèce	<i>Juniperus phoenicea</i>

5.3.4 Aires de répartition

5.3.4.1 Dans le monde

Le genévrier de Phénicie ou genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.). C'est certainement l'espèce la plus répandue en Afrique du Nord où elle est présente depuis les dunes littorales jusqu'aux limites sahariennes (**Brahimi, 2017**). Son aire de répartition géographique couvre une grande partie de la région méditerranéenne, des îles Canaries, le Portugal et l'Afrique du Nord à l'ouest, l'Arabie saoudite et la Jordanie à l'est, cette espèce prospère dans les régions semi-arides et arides du nord-ouest de l'Afrique (**Mazur et al., 2010**).

5.3.4.2 En Algérie

Le genévrier rouge occupe une superficie estimée à 227.000 ha, soit 10% de la surface forestière algérienne. Il est commun sur l'ensemble du littoral, sur les hauts plateaux et l'Atlas saharien de l'oranaï, de l'algérois et du constantinois. Il est assez rare ailleurs, on le trouve surtout sur les dunes littorales, dans les collines, sur les côtes de Barbarie et il constitue au côté du cèdre, la principale couverture végétale dans les montagnes des Aurès (**Amara, 2019**).

5.3.5 Composition chimique

Selon les résultats de **Elsherif et al. (2024)**, les extraits aqueux et éthanoliques de *Juniperus phoenicea* contenaient divers composés phytochimiques, tels que des hydrates de carbone, des protéines, des phénols, des tanins, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des coumarines, des anthocyanines, des saponines et des glycoside. Le principal monoterpène présent dans les huiles de feuilles fraîches, de feuilles séchées et de baies de *J. phoenicea* est l' α -pinène (29,6 % / 55,9 % / 56,6 %), accompagné par des quantités moindres de sesquiterpènes (**Bouyahyaoui et al., 2016**).

5.3.6 Usages traditionnels

Juniperus phoenicea est très employée pour traiter les cheveux (**El Alami et al., 2016**). La première utilisation enregistrée de cette plante était en Egypte vers 1500 Avant J.-C. (**Al Groshi et al., 2018**). Le mélange de feuilles et de baies de cette plante est utilisé comme agent hypoglycémiant (**Amer et al., 1994**). Les fruits séchés et réduits en poudre peuvent guérir les ulcérations de la peau et les abcès (**Akrout, 1999**).

MATERIEL
ET
METHODES



Le présent travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de l'université Abbes Laghrour – Khenchela. L'étude a porté sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne des trois extraits hydro-éthanoliques issus des feuilles des trois espèces végétales endémiques de Khenchela (*Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.*, *Juniperus phoenicia L.*) ainsi que leurs activité antioxydante et l'analyse phytochimique.

1 Matériel

1.1 Matériel végétal

L'échantillonnage a été réalisé dans trois régions de la wilaya de Khenchela, est située au nord est de l'Algérie, dans la région des Aurès, entre la chaîne steppique et les hauts plateaux, ce qui lui confère un caractère forestier agro-pastoral et saharien. La prédominance de l'activité agricole dans le paysage économique de la wilaya lui confère une vocation agro – sylvo – pastorale, elle dispose d'importants massifs forestiers (Chélia-Bouhmama-M'sara-Yabous) avec plusieurs plaines et vallées. L'apiculture y est pratiquée mais, également l'arboriculture fruitière dont les variétés telles que la pomme et l'olivier constituent des atouts susceptibles d'entraîner une future industrie agro-alimentaire (**Site 1**)

Tableau 10 : Présentation des espèces végétales utilisées

Nom botanique	Partie utilisée	Sites de prélèvements	Mois de récolte
<i>Cedrus atlantica</i>	Feuilles	Djebel Foughal (Taouzient)	Janvier (2024)
<i>Juniperus oxycedrus L.</i>	Feuilles	Djebel Boualouane (Taouzient)	Janvier (2024)
<i>Juniperus phoenicia L.</i>	Feuilles	M'Sara (Bouhmama)	Janvier (2024)

1.2 Les souches microbiennes testées

L'activité antimicrobienne des extraits choisis a été testée sur 7 souches bactériennes pathogènes, un champignon pathogène et une levure pathogène.

Tableau 11 : Les souches microbiennes étudiées

Les souches microbiennes à tester			
Les souches bactériennes		Les souches fongiques	
Bactéries Gram négatives	Bactéries Gram positives	Moisissure	Levure
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	<i>Aspergillus niger</i> 2CA936	<i>Candida albicans</i>
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 4352	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	/		
<i>E.coli</i> clinique	/		
<i>Pseudomonas</i> clinique	/		

1.3 Milieux de culture

Au cours de cette étude, nous avons utilisé :

- **Mueller Hinton agar** : pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux différents extraits par la méthode de diffusion.
- **Gélose nutritive** : pour le repiquage des souches bactériennes.
- **Gélose dextrose à la pomme de terre (PDA)** : pour l'étude de la sensibilité des souches fongiques aux différents extraits.

1.4 Produits chimiques et appareillage

Tableau 12 : Réactifs chimiques et instruments de laboratoire

Les produits chimiques et réactifs	Equipement
Ethanol, méthanol, eau distillée, réactif de Mayer, chlorure d'hydrogène (HCl), acide sulfurique (H ₂ SO ₄), chlorure de fer (FeCl ₃), carbonate de sodium, acide ascorbique, DPPH, Folin-Ciocalteu, l'acétone, anhydride acétique, chloroforme, liqueur de Fehling, NH ₄ OH, tournures de magnésium, DMSO.	Etuve, Spectrophotomètre UV – visible, balance analytique, bec Bunsen, autoclave, four Pasteur, réfrigérateur, flacons, boîtes de Pétri en verre et en plastique, micro pipettes, écouvillons, anse de platine, béchers, agitateur, vortex, bain Marie.

1.5 Antibiotiques

Tableau 13 : Disques d'antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme

Sigle	Antibiotique	Famille	Quantité (µg)
OX	Oxacilline	Pénicilline	5
OFX	Ofloxacin	Fluoroquinolone	5
F	Nitrofurantoin	Nitrofuranes	300

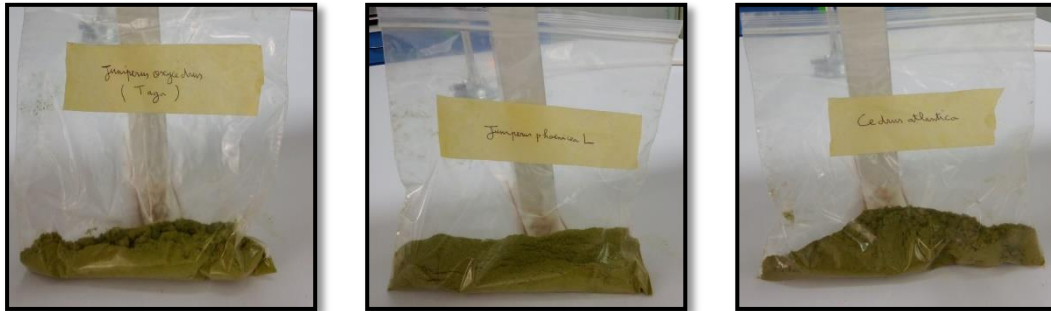
2 Méthodes

2.1 Séchage

Après la récolte, les feuilles de ces plantes ont été séchées à l'abri des rayons solaires, dans un endroit non humide à température ambiante pendant 15 à 18 jours.

2.2 Broyage

Le broyage a été réalisé à l'aide d'un moulin à café, jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine. le broyat obtenu a été conservé dans des sacs hermétiques.



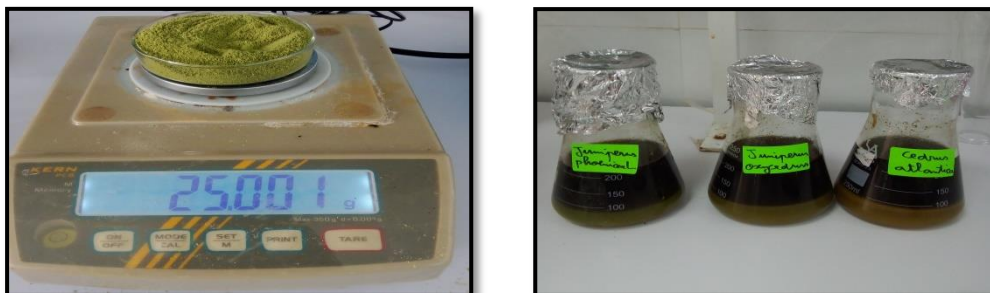
Photographie 01: Poudre des feuilles

2.3 Préparation des extraits bruts

2.3.1 Macération hydro-éthanolique

Les extraits hydro-éthanoliques ont été préparés selon la méthode de **Biyiti et ses collaborateurs (2004)** :

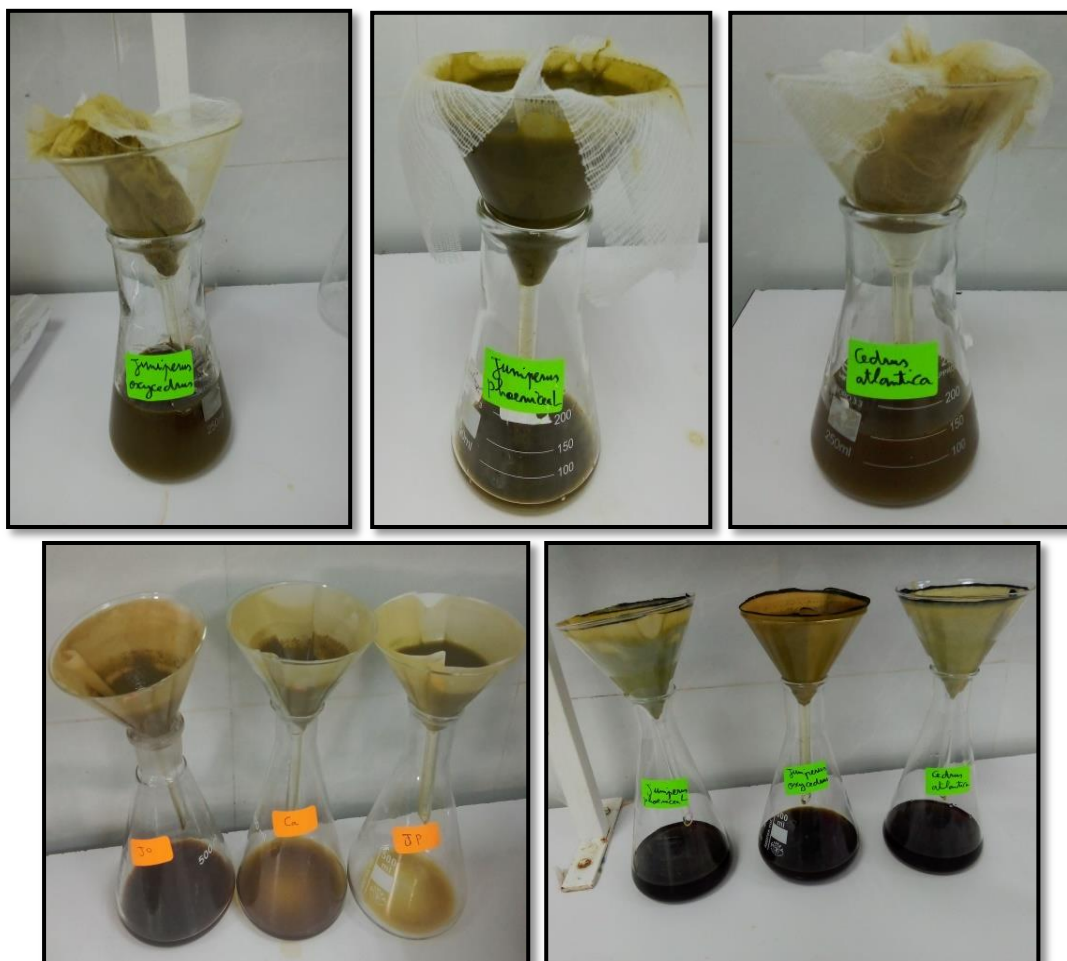
- ☞ Dans un bécher, on mélange 25g du matériel végétal avec 100 ml de l'éthanol +100 ml de l'eau distillée.
- ☞ On plonge le barreau magnétique dans le bécher.
- ☞ On couvre le bécher avec du papier aluminium pour éviter l'évaporation du solvant et on le laisse agiter pendant 48h.



Photographie 02: Macération hydro-éthanolique des trois plantes

2.3.2 Filtration

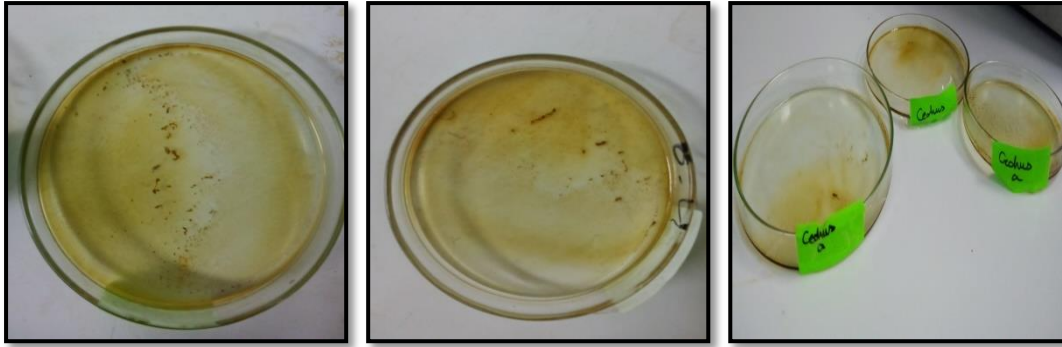
- ☞ Dans un premier temps, l'extrait végétal est filtré à l'aide d'une gaze.
- ☞ En deuxième temps avec du papier filtre.



Photographie 03: Filtration des extraits hydro-éthanoliques

2.3.3 Séchage à l'étuve

Une fois les extraits bruts sont prêts, on les verse en fine couche dans des boîtes de Pétri en verre et on les met dans l'étuve à 45°C pendant 3 jours.



Photographie 04 : Séchage des trois extraits dans l'étuve

2.3.4 Grattage

Après séchage total des extraits et à l'aide d'une lame bistouri ou une spatule on gratte tout le contenu des boites, on le pèse pour calculer le rendement de ces extraits bruts.



Photographie 05 : Grattage des extraits

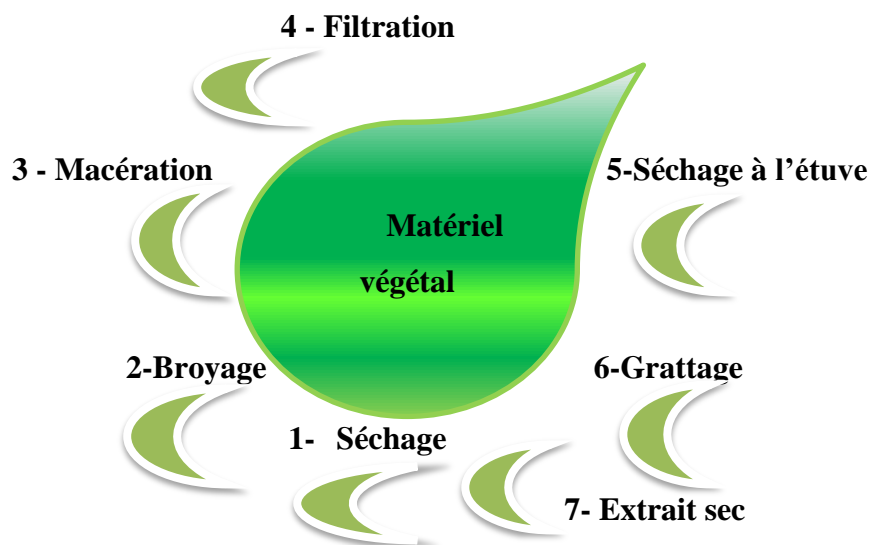


Figure 05 : Protocol de l'extraction

2.4 Screening phytochimique

Afin de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains composés appartenant aux familles chimiques des métabolites secondaires, des tests phytochimiques spécifiques fondés sur des réactions de coloration, de turbidité ou de précipitations, ont été réalisés.

Les méthodes de réalisation de ces tests phytochimiques sont décrites dans les protocoles suivants

2.4.1 Recherche des alcaloïdes

- ✂ 5 ml d'HCl (2N) sont ajoutés à l'extrait et chauffer dans un bain marie.
- ✂ Après la filtration, le filtrat est traité avec le réactif de Wagner (2g de KI et 1,27g d'I₂ solubilisé dans 100 ml d'eau distillée).
- ⇒ La présence de turbidité ou de précipitation indique la présence des alcaloïdes (Tiwari et Kakkar, 1990).

2.4.2 Recherche des flavonoïdes

- ✂ Traiter 5 ml de l'extrait préparé avec 1 ml de l'HCL concentré.
- ✂ Ajouter une quantité de tournures de mg (3-4 graines) et laisser agir.
- ⇒ La présence des flavones est confirmée par l'apparition d'une couleur virage au rouge pourpre (flavonals), rouge violacées (flavonones et flavonols) (Lock *et al.*, 2006).

2.4.3 Test des composés phénoliques

- ✂ 0,1 g de l'extrait a été dissout dans 3 ml d'eau distillée.
- ✂ 5 gouttes de FeCl₃ y ont été ajoutées.
- ⇒ Le développement de la coloration verdâtre indique la présence des phénols.
- ⇒ La présence des composés phénoliques se traduit par l'apparition de la coloration bleue verdâtre (Rosine et Momo, 2009).

2.4.4 Recherche des composés réducteurs

La détection des composés réducteur consiste à :

- ✂ Introduire 2ml de l'extrait aqueux dans un tube à essai.
- ✂ puis 2ml de la liqueur de Fehling sont ajoutés.
- ✂ L'ensemble est porté au bain-marie bouillant durant 8 min.
 - ⇒ L'obtention d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs (**Bentabet Lasгаа, 2015**).

2.4.5 Test de mousse pour les saponoside

- ✂ Deux milligrammes de l'extrait ont été introduit dans un tube à essai contenant 4 ml d'eau distillée.
- ✂ puis l'ensemble a été chauffé pendant 5 min.
- ✂ Après refroidissement et filtration, 5 ml de filtrat ont été introduits dans un second tube à essai et agités pendant 1 min.
- ✂ Après 15min de repos, l'épaisseur de la mousse a été mesurée à l'aide d'une règle graduée.
 - ⇒ Une hauteur de mousse d'au moins un centimètre indique la présence des saponines (**Rosine et Momo, 2009**).
 - ⇒ Pas de mousse = test négatif
 - ⇒ Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif
 - ⇒ Mousse de 1-2 cm = test positif
 - ⇒ Mousse plus de 2 cm = test très positif

2.4.6 Test des mucilages

La détection des mucilages est effectuée en introduisant :

- ✂ 1ml d' extrait dans un tube à essai.
- ✂ Puis, l'ajout de 5 ml d'éthanol.
 - ⇒ L'apparition d'un précipité après quelques minutes témoigne leur présence (**Awor et Samseny, 2003**).

2.4.7 Détection des terpénoïdes

Pour 0,5 g de chaque extrait nous avons rajouté :

☞ 2 ml de chloroforme.

☞ 3 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré.

⇒ La présence de la couleur brune rougeâtre à l'interface indique la présence des terpénoïdes (**Ayoola et al., 2008**).

2.4.8 Recherche des coumarines

☞ L'extrait sec est dissous dans l'eau distillée par chauffage.

☞ Après refroidissement, la solution obtenue été répartie dans 2 tubes à essai.

☞ 0.5ml de NH₄OH (10%) a été ajouté dans le premier tube, alors que le deuxième tube sert un témoin.

⇒ L'apparition d'une fluorescence bleue ou verte à la lampe UV 365 nm indique la présence des coumarines (**Zellagui et al., 2012**).

2.4.9 Test des tanins

☞ 1, 5g de matériel végétal sont placés dans 10 ml de MeOH 80%.

☞ Le filtrat de la solution précédente est recueilli et saturé d'acétate de sodium.

⇒ L'addition de 3 gouttes de FeCl₃ à 1% provoque l'apparition d'une coloration bleu-noir intense dénotant la présence de tanins galliques.

Une solution alcoolique d'acide gallique ou de catéchine est utilisée pour servir de témoin (**Dohou et al., 2003**).

2.4.10 Les polyuronides

☞ 2 ml de l'extrait ont été ajouté goutte à goutte à 10 ml d'acétone.

⇒ Un précipité épais s'est formé indiquant la présence de polyuronides (**Ayoola et al., 2008**).

2.5 Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par une méthode décrite par **Wong et ses collaborateurs (2006)**, 100 µl d'extrait sont ajoutés à 500 µl du réactif de Folin - Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau distillée) après 4 min d'incubation, 400 µl de carbonate de sodium 7.5% sont additionnés. Après 2h d'incubation à l'obscurité et à une température ambiante, l'absorbance est mesurée à 765 nm.

Le blanc est préparé de la même façon sauf que l'extrait est remplacé par le solvant le méthanol.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique à différentes concentrations est exprimée en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg).

2.6 Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été effectué par la méthode de **Djeridane et al. (2006)**, un volume de 500 µl de chaque extrait a été ajouté à un volume égal d'une solution d'AlCl₃ (2% dans le méthanol). Le mélange a été agité par un vortex et l'absorbance a été lue à 430 nm a été lue par un spectrophotomètre après 10 minutes d'incubation. Le blanc est préparé de la même façon sauf que l'extrait est remplacé par le méthanol.

La quantification des flavonoïdes a été évaluée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg).

2.7 Activité antioxydante (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl))

L'effet des extraits vis-à-vis du radical DPPH est évalué selon la méthode décrite par **Mansouri et al. (2005)**. Un volume de 25µL de la solution de DPPH (2,4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol) est mélangé avec 975 µL des solutions d'extraits ou de l'antioxydant standard à différentes concentrations. La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm après 30 minutes d'incubation.

à l'obscurité et à température ambiante. Pour le calcul de pourcentages de l'activité antiradicalaire nous avons utilisé la formule suivante :

$$I \% = [(Ac - At) / Ac] \times 100$$

Où:

I %: Pourcentage de l'activité anti-radicalaire (AAR%).

Ac : absorbance du contrôle

At : absorbance du test effectué

2.8 Activité antibactérienne

2.8.1 Préparation des suspensions bactériennes et des solutions des extraits

- ◆ La réactivation des cultures est effectuée par repiquage à la surface de la gélose nutritive pré coulée en boîtes de Pétri ensuite incubées à 37°C pendant 18 à 24h.
- ◆ A partir d'une culture pure de 18-24h, des colonies bien isolées sont prélevées, puis déchargées dans 5 ml d'eau physiologique stérile et bien homogénéisée. L'opacité de l'inoculum doit être équivalente à 0,5 Mc Farland .
- ◆ Les extraits des plantes ont été dilués à raison de 200 mg /ml et 100mg /ml dans le diméthyl sulfoxyde (DMSO).

2.8.2 L'ensemencement et dépôt des disques

- ◆ L'ensemencement est réalisé par un écouvillon stérile imbibé de la suspension bactérienne. L'écouvillon est frotté sur la totalité de la surface, de haut en bas sur un milieu MH, en stries serrées. L'opération est répétée trois fois, en tournant la boîte de 60 à chaque fois sans oublier de passer l'écouvillon sur les bords de la surface de gélose.
Une fois l'ensemencement est effectué, des disques de 6 mm de diamètre (PapierWhatmanN°1) imprégnés de 10 µl des extraits de chaque concentration (200 mg/ml et 100 mg/ml) sont déposés sur la surface de la gélose ensemencée (Naili, 2016).

- ◆ Des disques contenant les antibiotiques de référence (Ofloxacine, Oxacilline, Nitrofurantoïne) et les disques imprégnés de DMSO (témoin négatif) ont été utilisés pour la comparaison avec les résultats des extraits testés.
- ◆ Les boîtes de Pétri sont incubées pendant 18-24 heures à 37°C (Sökmen *et al.*, 2004).

2.8.3 Lecture

- ◆ La lecture des résultats a été effectuée après 24 heures d'incubation.
- ◆ L'effet de l'extrait est apprécié par la mesure de la zone d'inhibition autour du disque imbibé d'extrait avec une règle plate graduée (mm).
- ◆ Les diamètres d'inhibition ont été comparés aux normes indiquées dans le tableau ci-dessous

Tableau 14: Norme de lecture de l'activité des extraits des feuilles sur les bactéries (Ponce *et al.*, 2003).

Diamètre d'ihibition (DI)	Degré de sensibilité des germes
DI < 8mm	Résistant
9mm ≤ DI ≤ 14mm	Sensible
15m ≤ DI ≤ 19mm	Très Sensible
DI > 20	Extrêmement sensible

2.8.4 Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)

- ◆ Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits sont déterminées par une gamme des dilutions successives au demi allant de 200 jusqu'à 6,25 mg/mL.
- ◆ 10 µl de chaque dilution ont été versés dans les disques qui sont déjà déposés dans les boîtes contenant la gélose Mueller Hinton.
- ◆ L'incubation est effectuée à 37 °C pendant 24 heures.
- ◆ L'observation de la gamme permet d'accéder à la concentration minimale inhibitrice (CMI), qui correspond à la plus faible concentration en extraits capable d'inhiber la croissance bactérienne visible (Laouer *et al.*, 2003) .

2.9 Activité antifongique

Pour étudier l'activité antifongique, nous avons suivi le protocole du **Yazdani et ses collaborateurs (2012)**

- ◆ Des suspensions du champignon *Aspergillus niger* et de la levure *Candida albicans* ayant une densité optique entre 0.15 et 0.17 à 530 nm ont été préparées dans l'eau physiologique.
- ◆ Un ensemencement par écouvillonnage sur des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA a été réalisé.
- ◆ Les trois extraits des plantes ont été dilués à raison de 200 et 100 mg/ml dans le DMSO et filtrés sur une membrane de filtration de porosité 0.22 µm.
- ◆ Ensuite, Les disques de 6 mm de diamètre imprégnés de 10 µl de chaque concentration ont été déposés sur la surface de la gélose PDA.
- ◆ Les boîtes sont incubées à 28 °C de 48 à 72 heures.
- ◆ L'activité est évaluée par la mesure des zones d'inhibition autour des disques.



RÉSULTATS
ET
DISCUSSION

1 Résultats de l'extraction

1.1 Propriétés des extraits hydro-éthanoliques

La préparation des extraits à partir de la partie aérienne des plantes a été effectuée par un mélange eau/éthanol.

Les extraits bruts récupérés ont été pesés pour déterminer le poids sec résultant. Les propriétés des extraits secs de *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.* sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Propriétés et aspect des trois extraits secs

extraits secs Propriétés	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Juniperus oxycedrus L.</i>	<i>Juniperus phoenicia L.</i>
La masse de la poudre (g)	25	25	25
La masse de l'extrait sec (g)	3,75	5,17	4,45
Couleur des extraits secs	Vert foncé	Vert	Brun
Aspect	Poudre	Poudre	Aspect vitreux

D'après le tableau (15), nous avons remarqué que les extraits obtenus se présentent sous l'aspect d'une poudre de couleur verte foncée, verte et brune successivement.

1.2 Rendement des extraits hydro-éthanoliques

Le rendement a été déterminé par rapport à 25 g du broyats de feuilles du cèdre de l'Atlas, genévrier oxycèdre et genévrier de phoenicie.

1.2.1 Détermination de rendement

Les rendements sont exprimés en pourcentage de masse d'extrait par rapport à la masse de la plante fraîche et les résultats sont présentés dans la figure 06.

Le rendement de l'extraction est déterminé par l'équation suivante :

$$R(\%) = M1/M0.100$$

R(%): Rendement des extraits en pourcentage

M1: Masse des extraits hydro-éthanoliques en (g)

M0: Masse de matière végétale utilisée en (g)

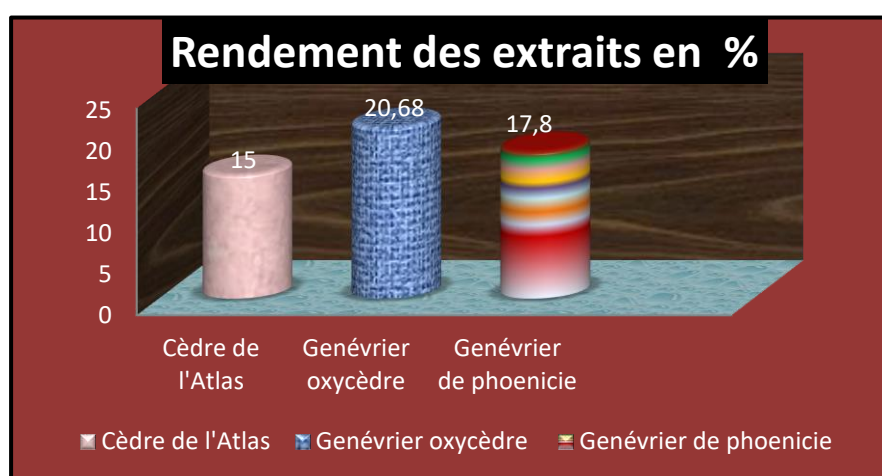


Figure 06 : Histogramme des rendements des extraits en pourcentage.

L'observation d'histogramme (Figure 06) a montré que le rendement le plus élevé a été observé avec l'extrait de *Juniperus oxycedrus L.* (**20,68 %**) suivi par l'extrait de *Juniperus phoenicia L.* (**17,8%**) et enfin l'extrait hydro-éthanolique de *Cedrus atlantica* qui possède le plus faible rendement avec (**15 %**).

La technique d'extraction est celle qui permet d'obtenir des extraits avec un rendement élevé et avec des modifications minimales des propriétés fonctionnelles de l'extrait requis (**Dhanani et al., 2017**). Toutefois, il est difficile de comparer strictement nos résultats avec des résultats d'autres études car la différence dans les valeurs de rendement d'extraction et de la composition des extraits varient selon la nature du solvant, la période, le lieu de la récolte et la durée de séchage. La méthode d'extraction peut influencer elle-même sur le rendement d'extraction (**Ghedadba et al., 2014**).

2 Screening phytochimique

Le matériel végétal a fait l'objet d'un screening phytochimique à l'aide de divers tests colorimétriques nécessitant des réactifs spécifiques de mis en évidence des principales familles de métabolites secondaires : Tanins, flavonoïdes, coumarines, saponines, alcaloïdes, polyuronides, composés phénoliques, composés réducteurs, mucilages et terpénoides.

Les résultats de screening phytochimique sont traduits par la présence (+) ou l'absence (-) des composés chimiques et représentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 16 : Résultats des tests phytochimiques

Extraits Tests	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Juniperus phoenicia L.</i>	<i>Juniperus oxycedrus L.</i>
polyuronides	-	-	-
Alcaloïdes	-	+	-
Flavonoïdes	-	-	-
Composés phénoliques	+++	+++	+++
Composés réducteurs	+++	+++	+++
Saponines	-	-	-
Mucilages	-	-	-
Terpenoides	+++	+++	+++
Tanins	+++	+++	+++
Coumarines	+++	+++	+++

D'après les résultats obtenus dans le tableau (16), nous avons noté que le *Cedrus atlantica* est très riche en composés phénoliques, composés réducteurs, terpénoïdes, tanins et en coumarines. De même, nous avons enregistré une présence importante de ces métabolites secondaires chez l'extrait de *Juniperus phoenicia L.* et l'extrait de *Juniperus oxycedrus L.*

Pour les alcaloïdes sont faiblement positif dans l'extrait de *Juniperus phoenicia L.* et négatif dans l'extrait de *Cedrus atlantica* et l'extrait de *Juniperus oxycedrus L.*

Les autres métabolites ; les polyuronides, les flavonoïdes, les saponines et les mucilages, sont totalement absents dans les trois extraits de *Cedrus atlantica*, *Juniperus phoenicia L.* et *Juniperus oxycedrus L.*

D'après **Deffa et Daikh (2024)**, l'extrait méthanolique de la partie aérienne (feuilles) de *C. atlantica* de Belezma, Algérie contient des quantités importantes de tanins, d'alcaloïdes, de terpénoïdes, de flavonoïdes et de composés phénoliques. Cependant, les saponines et stéroïdes sont faiblement présents dans le même extrait.

Les travaux de **Elsherif et al. (2024)** ont montré que les extraits aqueux et éthanoliques de *Juniperus phoenicea L.* contiennent des glucides, phénols, tanins, flavonoïdes, alcaloïdes, coumarines, anthocyanes, saponines et glycosides.

Les résultats obtenus par **Belhaddad et al. (2023)** révèlent la présence des tanins, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des terpénoïdes et des stéroïdes dans les différents extraits des feuilles de *J. oxycedrus L.*, Les extraits éthanoliques et méthanoliques contenaient des phytoconstituants similaires. Tandis que les extraits aqueux (décoction et infusion) ont montré un test négatif pour les alcaloïdes, les terpénoïdes et les stéroïdes. Les autres métabolites secondaires tels que la coumarine, le mucilage et les saponines étaient absents dans cette plante.

Il peut être difficile de comparer nos résultats avec ceux des études antérieures grâce aux caractéristiques de la matrice de la plante, la pression, la température, le solvant et le temps qui sont les variables les plus fréquentes qui influencent les opérations d'extraction. De plus, le choix de la meilleure technique d'extraction est crucial pour les études quantitatives et qualitatives des produits chimiques bioactifs dérivés de sources végétales (**Ghenabzia et al., 2023**). L'extraction des composés actifs des plantes nécessite donc des méthodes d'extraction appropriées choisies en fonction des propriétés des composés actifs ciblés ou des objectifs de l'extraction (**Chuo et al., 2022**).

3 Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes

Les composés phénoliques et les flavonoïdes sont généralement connus comme des métabolites secondaires des plantes qui contiennent un anneau aromatique portant au moins un groupe hydroxyle (Tungmunnithum *et al.*, 2018). Les principales sources de polyphénols sont les baies, le raisin, l'huile d'olive, le cacao, les noix, les arachides et d'autres fruits et légumes, qui contiennent jusqu'à 200-300 mg de polyphénols (Montané *et al.*, 2020).

Les polyphénols ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, ayant l'équation: $Y = 0,008x + 0,011$ $R^2 = 0,9985$

Les teneurs en flavonoïdes ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine ayant l'équation: $Y = 0.0242x + 0.0411$ $R^2 = 0.985$

Les résultats de la quantification des polyphénols et des flavonoïdes sont rapportés dans le tableau ci-dessous

Tableau 17 : Taux de polyphénols et des flavonoïdes contenus dans les trois extraits hydro-éthanoliques

Les extraits hydro-éthanoliques des plantes	Polyphénols ^(a)	Flavonoïdes ^(b)
<i>Cedrus atlantica</i>	44,25±2,12	20,84±0,19
<i>Juniperus phoenicia L.</i>	88,875±7,75	18,42±1,27
<i>Juniperus oxycedrus L.</i>	101,92± 9,67	25,97±2,91

(a) µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait.

(b) µg d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures ± SD.

Les résultats figurant dans le tableau (17) sont illustrés graphiquement dans la figure (07).

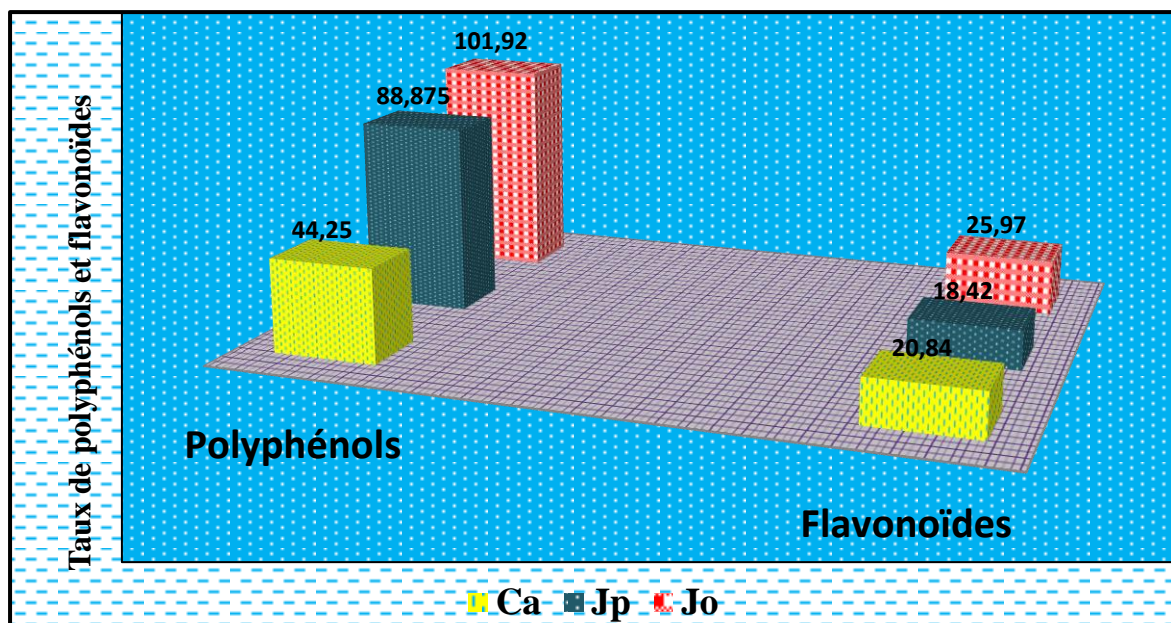


Figure 07 : Histogramme des teneurs en polyphénols totaux ($\mu\text{g EAG/mg}$) et flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg}$). Ces valeurs représentent les moyennes des trois répétitions \pm SD (**Ca**) : *Cedrus atlantica*, (**Jp**) : *Juniperus phoenicia L.*, (**Jo**) : *Juniperus oxycedrus L.*

A partir de ces résultats, nous avons remarqué que les extraits hydro-éthanoliques des trois plantes (*Cedrus atlantica*, *Juniperus phoenicia L.* et *Juniperus oxycedrus L.*) sont riches en polyphénols dont la teneur la plus élevée a été trouvée dans l'extrait de *Juniperus oxycedrus L.* ($101,92 \pm 9,67 \mu\text{g EAG/mg}$), suivi par l'extrait de *Juniperus phoenicia L.* qui possède une quantité de $88,875 \pm 7,75 \mu\text{g EAG/mg}$ et l'extrait de *Cedrus atlantica* ($44,25 \pm 2,12 \mu\text{g EAG/mg}$). Tandis que, les trois extraits possèdent des teneurs modérées en flavonoïdes ($25,97 \pm 2,91 \mu\text{g EQ/mg}$) pour *Juniperus oxycedrus L.*, ($20,84 \pm 0,19 \mu\text{g EQ/mg}$) pour *Cedrus atlantica* et ($18,42 \pm 1,27 \mu\text{g EQ/mg}$) pour *Juniperus phoenicia L.*

L'étude menée par **Ameggouz et al. (2024)** sur la poudre de la tige de *Cedrus atlantica* qui a subi des extractions successives à l'acétate d'éthyle et à l'éthanol a montré que l'extrait éthanolique contient une grande quantité en polyphénols totaux ($237,23 \pm 1,61 \text{ mg EAG/g}$ d'extrait), tandis que l'extrait de l'acétate d'éthyle a montré la teneur la plus élevée en flavonoïdes totaux $81,53 \pm 1,13 \text{ mg EQ/g}$ d'extrait. Les résultats obtenus par **Bouyahia et al. (2022)** sur l'extrait hydroalcoolique obtenu par macération de *Cedrus atlantica* montrent que les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes sont $123.298 \pm 2.148 \text{ mg EAG/g}$ et $29.2 \pm 1.178 \text{ mg ER/g}$, respectivement.

Dans l'étude de **Al-Mustafa et al. (2021)** sur l'extrait méthanoliques de feuilles de *J.phoenicea*, la quantité de flavonoïdes et polyphénols est très élevée (101.1 ± 0.01 mg ER/g d'extrait, 103.6 ± 0.006 mg EAG/g d'extrait, respectivement), par rapport à ce que nous avons trouvé dans l'extrait hydroéthanolique. D'après l'étude de **Soltani et al. (2018)**, les résultats du dosage des phénols totaux sur les différents extraits des feuilles, des rameaux et des baies de *Juniperus phoenicea L.* de l'Ouest algérien sont obtenus par la macération de la poudre végétale dans trois solvants : méthanol, éthanol et acétate d'éthyle montrent que les extraits éthanoliques et méthanoliques des rameaux renferment les plus grandes proportions qui sont de $273,16 \pm 9,3$ mg EAG/g et $229,63 \pm 7,5$ mg EAG/g, respectivement, suivis par les extraits des feuilles, par contre les extraits des baies présentent de faibles concentrations. Concernant les flavonoïdes la plus haute quantité de flavonoïdes est notée dans l'extrait des rameaux avec les trois solvants, acétate d'éthyle, méthanol et éthanol, qui sont respectivement de l'ordre de $208,81 \pm 6,8$ mg EC/g, de $207,57 \pm 7,1$ mg EC/g et de $206,61 \pm 5,4$ mg EC/g.

En ce qui concerne *Juniperus oxycedrus L.*, les résultats trouvés par **Belhaddad et al. (2023)** montrent que les extraits éthanoliques et méthanoliques obtenus par macération présentent les teneurs en flavonoïdes les plus élevées ($5,47 \pm 0,15$ mg EQ/g et $4,81 \pm 0,16$ mg EQ/g, respectivement) ce qui est inférieur à ce que nous avons trouvé. Cependant, la plus faible concentration en flavonoïdes a été observée dans les extraits de décoction et d'infusion ($1,60 \pm 0,06$ et $2,11 \pm 0,08$ mg EQ/g, respectivement). La teneur la plus élevée en composés phénoliques a été observée dans l'extrait de décoction ($310,11 \pm 2,35$ mg EAG/g), suivi par l'extrait méthanolique ($275,61 \pm 1,64$ mg EAG/g). Alors que l'extrait obtenu par infusion contient la plus faible quantité de polyphénols (109.5 ± 2.21 mg EAG/g). Selon **Živić et al. (2019)** l'extrait éthanolique de baies de *J. oxycedrus* qui a été récoltée de la région de Šara dans le sud de la Serbie contient 58.73 ± 0.14 mg EAG /g de phénols totaux et 21.39 ± 0.33 mg ER/g extrait de flavonoïdes.

Il est important de reconnaître qu'il est difficile de comparer les résultats obtenus dans notre étude avec les autres à cause de l'influence des différents paramètres tels que la température, le temps d'extraction, le rapport matière/solvant sur les substances actives de la plante (**Xie et al., 2015**).

De même que les solvants utilisés pendant le processus d'extraction ont une influence sur la nature et la quantité de métabolites secondaires extraits des plantes. Par exemple, les solvants polaires sont utilisés pour extraire les composés phénoliques, tandis que les solvants non polaires sont utilisés pour l'extraction des stéroïdes. En outre, les techniques d'extraction ont également un effet notable sur la récupération du contenu phytochimique des plantes (**Dirar et al., 2019**). Selon **Fadili et al. (2017)**, la distribution des métabolites secondaires peut changer pendant la croissance de la plante. Ceci peut être lié aux conditions climatiques (la température élevée, exposition solaire, sécheresse, salinité), qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires tels que les polyphénols.

L'examen de ces résultats permet de mettre en évidence une corrélation entre la teneur des extraits en flavonoïdes et en composés phénoliques. Ceci est logique étant donné que les flavonoïdes représentent les composés majoritaires des polyphénols.

Néanmoins, les résultats du dosage des composés phénoliques ne donnent pas les valeurs exactes des teneurs en polyphénols, car malgré la grande sensibilité de la méthode de Folin-Ciocalteu, elle peut présenter des problèmes d'interférence. En effet, le réactif Folin-Ciocalteu peut réagir avec les acides aminés (tyrosine, tryptophane), et les sucres réducteurs comme le glucose et le fructose. Par conséquent, il convient de noter que ces facteurs peuvent influencer les mesures et conduire à une estimation moins précise des teneurs réelles en composés phénoliques dans les extraits (**Ghedadba et al., 2014**).

4 L'activité antioxydante

Certains chercheurs estiment que les deux tiers des espèces végétales de la planète ont une valeur médicinale ; en particulier, de nombreuses plantes médicinales ont un grand potentiel antioxydant (**Krishnaiah et al., 2011**). Les composés phytochimiques sont des composés naturels dotés d'un immense potentiel antioxydant et présentent un grand intérêt pour la santé. Chaque partie de la plante a ses propres propriétés médicinales et possède différents types de métabolites secondaires qui jouent un rôle important dans le traitement de différents types de maladies et dans la fabrication de médicaments (**Pammi et al., 2023**).

4.1 Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)

L'activité anti-radicalaire des extraits vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée spectrophotométriquement à 517 nm en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne d'un passage de la couleur violette à la couleur jaune.

Les résultats obtenus sont illustrés dans les courbes d'étalonnage suivantes :

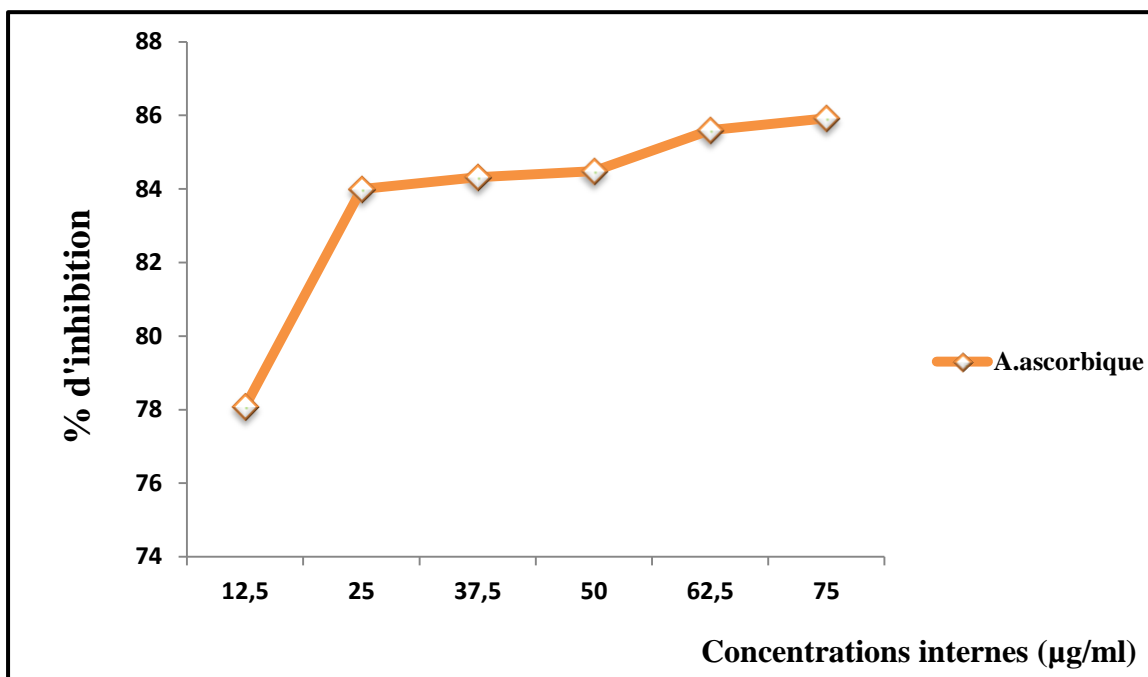


Figure 08 : Activité anti-radicalaire de l'acide ascorbique (test DPPH)

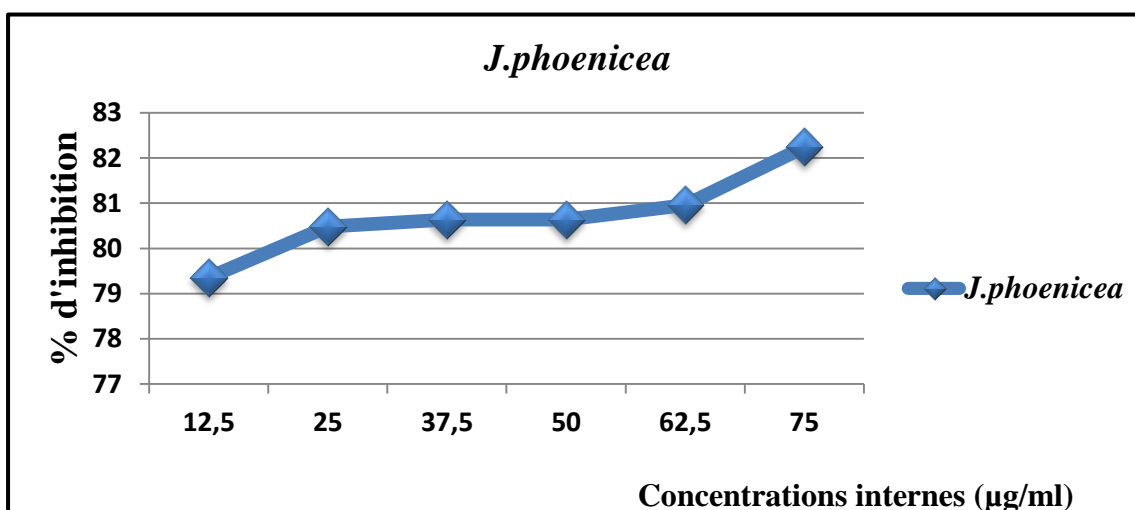


Figure 09: Activité antiradicalaire de l'extrait hydro-éthanolique de *Juniperus phoenicea* L. Par le test DPPH.

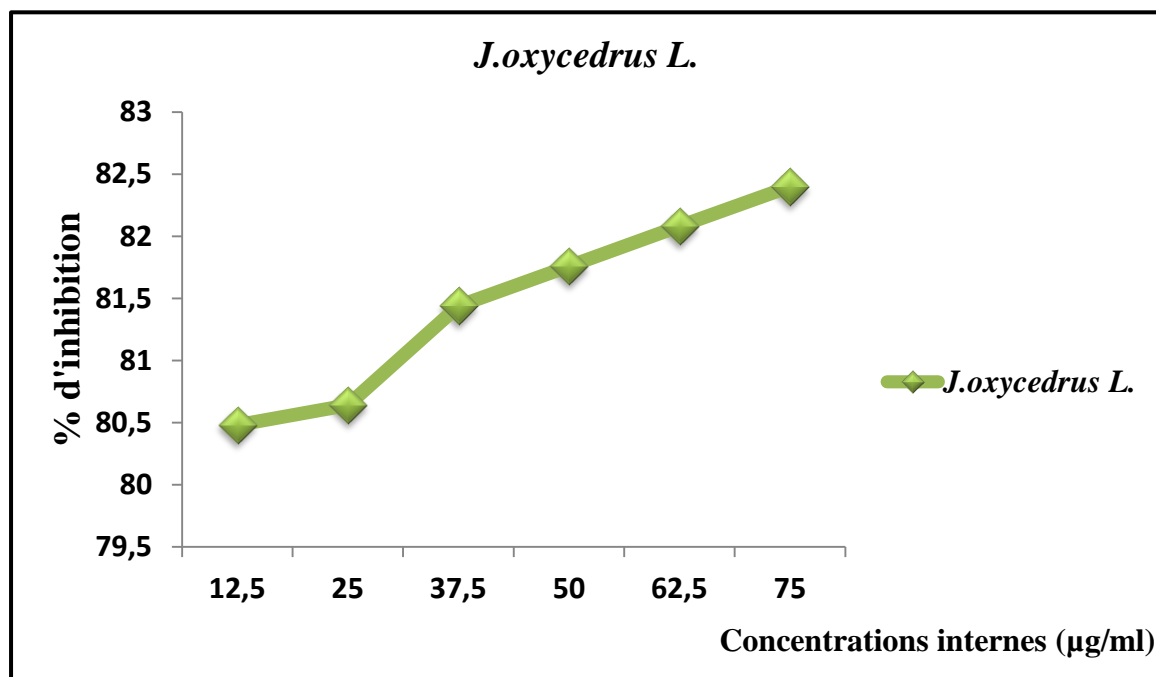


Figure 10 : Activité antiradicalaire de l'extrait hydro-éthanolique de *Juniperus oxycedrus L.* par le test DPPH.

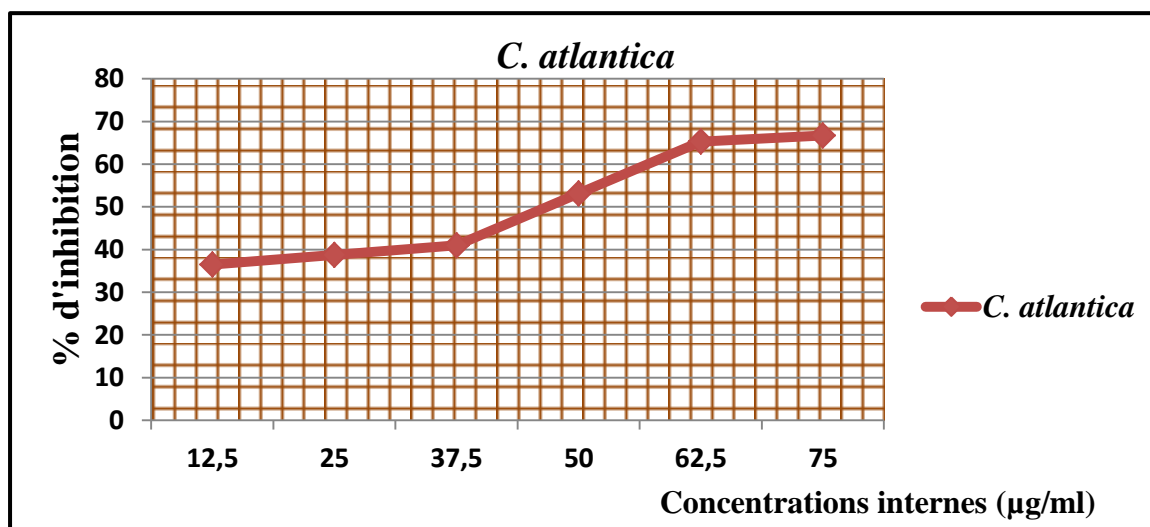


Figure 11 : Activité antiradicalaire de l'extrait hydro-éthanolique de *Cedrus atlantica* Par le test DPPH.

D'après les courbes d'étalonnage nous avons observé que l'activité antiradicalaire évolue avec l'augmentation des concentrations et que le pourcentage d'inhibition du radical

libre des trois extraits hydro-éthanoliques et de l'acide ascorbique augmente progressivement. Ainsi que les deux extraits de *Juniperus phoenicia* L. et *Juniperus oxycedrus* L. présentent une activité antioxydante plus importante (82,24 %) et (82,4 %), respectivement et approximative de l'activité de de l'antioxydant standard (l'acide ascorbique) qui a montré une activité de 85,92 %. Concernat l'extrait de *Cedrus atlantica*, le pourcentage d'inhibition du radical libre était inférieur (66,72 %) à celui de référence pour toutes les concentrations utilisées.

Les résultats de **Naimi et al. (2015)**, indiquent clairement que l'extrait de graines de *Cedrus atlantica* possède une bonne activité antiradicalaire vis-à-vis du DPPH avec un pourcentage d'inhibition de 87.875 ± 0.1778 % et une valeur IC50 de 0,40 mg/ml. L'évaluation de l'activité de piégeage du DPPH par **Belkacem et al., (2021)** de l'extrait éthanolique de branches de *C. atlantica* a montré une activité antioxydante avec une IC50 de 14.04 ± 1.51 µg/ml.

Concernant l'extrait de *J.phoenicea* **Al-Mustafa et al. (2021)**, ont montré dans leurs étude sur l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique de *J.phoenicea* de Jordanie que le pourcentage d'inhibition du radical libre est de 10 % à la concentration de 2 µg/ml. Alors que, l'étude de **Ait-Mimoune et al. (2023)** a confirmé que l'huile essentielle de *J. phoenicea* a une propriété anti-oxydante modéré. Selon **Menaceur et al. (2013)**, l'extrait éthanolique des feuilles de *J. phoenicea* a montré la plus forte activité de piégeage des radicaux libres par rapport a l'huile essentielle avec un pourcentage d'inhibition de $88,9 \pm 0,1$ %.

Selon **Abdellah et al. (2018)**, les résultats du test DPPH ont montré que l'huile de cade possède une forte activité antioxydante avec une valeur IC50 de $0,063 \pm 0,0035$ µl / ml qui est supérieur à celui de l'antioxydant standard, l'acide ascorbique. Pour les résultats de l'étude de **Živić et al. (2019)**, la plus grande capacité à neutraliser les radicaux DPPH a été trouvée pour l'extrait éthanolique de baies de *J. oxycedrus* avec une valeur IC50 de $64,49 \pm 0,23$ µg/ml.

Ces variations de résultats peuvent être dues aux mécanismes de réaction entre l'antioxydant et le DPPH qui dépendent de la conformation structurale de l'antioxydant. Certains composés réagissent très rapidement avec le DPPH, réduisant un nombre de molécules de DPPH égal au nombre de groupes hydroxyles (Bondet *et al.*, 1997). En outre, la quantité de composés phénoliques, ainsi que l'activité antioxydante, varient considérablement d'une population à l'autre en raison de l'impact différent des facteurs environnementaux (Zlatić *et al.*, 2019).

5 L'activité antimicrobienne

5.1 L'antibiogramme

Afin d'évaluer la sensibilité des souches bactériennes, trois antibiotiques appartenant à différentes familles ont été utilisés et les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous

Tableau 18 : Résultats de l'antibiogramme

Antibiotiques Souches	Ofloxacine	Nitrofurantoine	Oxacilline
<i>K. pneumoniae</i> ATCC 4352	S	R	R
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	S	R	R
<i>E. coli</i>	R	S	R
<i>E. coli</i> ATCC 25922	R	S	R
<i>P. aeruginosa</i>	S	R	R
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	S	S	R
<i>B. cereus</i> ATCC 11778	R	R	R

(R): souche résistante

(S): souche sensible

D'après les résultats de l'antibiogramme (tableau 18), le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre et d'un antibiotique à un autre. La bactérie la plus résistante à tous les antibiotiques a été *Bacillus cereus*. *K. pneumoniae*, *S. aureus* et la souche clinique de *P. aeruginosa* ont montré une résistance vis-à-vis les deux antibiotiques nitrofurantoine et oxacilline et une sensibilité à l'antibiotique ofloxacine.

Résultats et discussion

Concernant les deux souches de *E.coli*, elles ont été sensibles à l'antibiotique nitrofurantoïne et ont été résistantes aux deux autres antibiotiques. Alors que, la souche *P.aeruginosa* a été sensible à l'ofloxacine et nitrofurantoïne seulement.

L'un des moyens probables par lesquels les bactéries peuvent développer une résistance aux antibiotiques est de travailler à réduire l'afflux par ces porines ou nanopores de la membrane externe (Ghai, 2023). Les enzymes bactériennes jouent un rôle clé dans l'émergence de la résistance. Les principaux mécanismes de développement de la résistance sont associés à l'évolution des superfamilles d'enzymes bactériennes en raison de la variabilité des gènes qui les codent (Egorov et al., 2018).

5.2 Activité antibactérienne

La présente étude vise à montrer la présence ou l'absence d'une activité antibactérienne, vis-à-vis les 7 souches bactériennes pathogènes, en présence des extraits de *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.* La méthode utilisée pour évaluer cette activité est la méthode de diffusion sur milieu solide. Les résultats du pouvoir antibactérien des extraits hydroéthanoliques de ces plantes sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 19 : Résultats de l'activité antibactérienne des trois extraits et DMSO

Souches	Extraits (mg/ml)		<i>C. atlantica</i>		<i>J. phoenicia L.</i>		<i>J. oxycedrus L.</i>		DMSO
	100	200	100	200	100	200	100	200	
<i>K. pneumoniae</i> ATCC 4352	07	07	07	07	07	07	07	07	–
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>E. coli</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>E. coli</i> ATCC 25922	07	07	–	–	–	–	07	07	–
<i>P. aeruginosa</i>	07	07	07	7,33	–	–	–	–	–
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	–	–	–	07	–	–	–	–	–
<i>B. cereus</i> ATCC 11778	07	7,66	07	07	10	10,5	–	–	–

Les zones d'inhibition (exprimées en mm)

D'après les résultats obtenus, on remarque que toutes les souches bactériennes étaient résistantes aux extraits de *C.atlantica*, *J.phoenicia L.*, *J.oxycedrus L.*

avec un diamètre d'inhibition varie entre 6 et 7,66 mm à l'exception de la souche *B.cereus* qui était sensible à l'extrait de *J.oxycedrus L.* dont la zone d'inhibition était de 10,5 mm à la concentration de 200 mg/ml. Ainsi sa croissance a été arrêtée à une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 6,25 mg/ml.

Le DMSO n'a aucun effet sur les souches testées, il est utilisé comme contrôle négatif.

L'étude de **Belkacem et al. (2021)** a montré que *Staphylococcus aureus* est la souche la plus sensible aux extraits et à l'huile de *C. atlantica*, avec une concentration minimale inhibitrice et une concentration minimale bactéricide de 62,5 et 125 µg/mL pour la fraction d'acétate d'éthyle, respectivement. D'après **Derwich et al. (2010)** les huiles essentielles de feuilles de *Cedrus atlantica* du Maroc se sont révélées actives sur *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae* avec des diamètres des zones d'inhibitions de 25 mm, 21 mm, 22 mm et 12 mm, respectivement.

Les résultats de l'étude de **Alhadad et al. (2023)** ont montré que les extraits de méthanol et d'acétone de feuilles de *J. phoenicea L.* de Libye ont démontré une efficacité modérée et élevée contre tous les isolats cliniques testés (*Staphylococcus aureus*, *S. haemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Proteus mirabilis*) avec des zones d'inhibition allant de 15,66 jusqu'à 27,66 mm à toutes les concentrations. Les souches *S. aureus* et *S. haemolyticus* se sont révélées les plus sensibles à ces extraits avec des diamètres des zones d'inhibitions de 27,66 mm et 27,00 mm, respectivement.

Dans l'étude de **Karaman et al. (2003)**, Les extraits aqueux et méthanoliques des feuilles de *J. oxycedrus L.* récoltées dans le village de Pelitli à Gebze, Kocaeli, dans la région de Marmara en Turquie, ont été examinés contre 143 souches de laboratoire. Les résultats qui nous intéressent sont ceux liés aux souches bactériennes utilisées dans notre étude, qui montrent que l'extrait méthanolique de *J. oxycedrus L.* ayant une efficacité élevée contre les isolats de *Pseudomonas aeruginosa* avec une zone d'inhibition s'étend jusqu'à 15 mm suivi par *Bacillus cereus* de 13 mm, puis *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition allant jusqu'à 11 mm, et enfin *Escherichia coli* était le moins sensible avec une zone d'inhibition de 9 mm.

Cependant, l'extrait aqueux de *J. oxycedrus L.* n'a aucune activité contre les isolats bactériens testés, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus dans notre étude.

5.3 Activité antifongique

La méthode des disques ou méthode de diffusion sur gélose a pour but d'étudier l'activité antifongique des extraits de *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.* contre deux champignons pathogènes (*Aspergillus niger*, *Candida albicans*). Les résultats de l'activité antifongique sont mentionnés dans le tableau ci-dessous

Tableau 20 : Résultats de l'activité antifongique des trois extraits et DMSO

Souches fongiques	Extraits (mg/ml)	<i>C. atlantica</i>		<i>J. phoenicia L.</i>		<i>J. oxycedrus L.</i>		DMSO
		100	200	100	200	100	200	
<i>Aspergillus niger</i> 2CA936		-	-	-	-	-	-	-
<i>Candida albicans</i>		-	-	-	-	-	-	-

(-): absence de l'activité antifongique

D'après le tableau (20) les résultats de l'activité antifongique des trois extraits de plantes, testés à deux concentrations différentes (100 et 200 mg/ml), montrent que les extraits de *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.* n'ont aucun effet vis-à-vis les deux souches fongiques testées.

Selon **El Hachlafi et al. (2023)**, les résultats de potentiel antifongique ont montré que l'huile essentielle de *C. atlantica* a une forte activité antifongique contre *Candida albicans* ($22,65 \pm 2,93$ mm), suivi par *Coniophora puteana* ($18,98 \pm 0,53$ mm) et *Candida tropicalis* ($15,50 \pm 0,62$ mm). D'après **Bennouna et al. (2020)**, l'huile essentielle de *C. atlantica* a montré une activité antifongique contre *A. niger*, avec des valeurs CMI de 1 % (v/v).

Bouyahyaoui et al. (2016) ont montré dans leur étude que le pouvoir antifongique de l'huile essentielle de feuilles sèches de *Juniperus phoenicea L.* d'Algérie est très élevée contre *Candida albicans* avec une zone d'inhibition allant jusqu'à 29 mm.

Une autre étude de **El-Sawi et al. (2007)** a révélé que l'huile essentielle de feuilles de cette espèce était très active contre *Aspergillus niger* avec une zone d'inhibition de 20 mm.

Pour l'extrait de *Juniperus oxycedrus L.*, les résultats trouvés lors de ce travail sont en accord avec ceux trouvés par **Karaman et al. (2003)** où l'extrait aqueux des feuilles de *Juniperus oxycedrus L.* de Marmara en Turquie s'est révélé complètement inactif vis-à-vis 11 isolats de *Candida albicans*. Par contre, l'extrait méthanolique ayant un effet anticandidaux avec une CMI de 31,25 µg/ml.

L'étude de **Abdellah et al. (2018)** a montré que *Aspergillus niger ATCC 106 404* est sensible à l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus L.* avec une CMI de 0.2%.

Comme il a été cité précédemment, les différences dans les résultats entre les études sont influencées par différents paramètres.

Les terpènes constituent une classe importante de composés dans les HE dont on sait qu'ils ont une activité antimicrobienne. Il est bien connu que les terpènes peuvent perturber l'assemblage lipidique de la paroi cellulaire bactérienne, entraînant la désintégration de la membrane cellulaire, la dénaturation des protéines cellulaires, la fuite de matériel cytoplasmique, ce qui finit par provoquer la lyse et la mort de la cellule bactérienne et cela explique l'activité élevée des huiles essentielles par rapport aux extraits (**Angane et al., 2022**).

La résistance importante des bactéries Gram négatif à nos extraits pourrait probablement être attribuée à leurs membranes extérieures qui entourent la paroi de la cellule et qui limitent la diffusion des composés hydrophobes par les lipopolysaccharides de couverture (**Kontiza et al., 2008**).



CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

La flore algérienne jouit d'une biodiversité considérable, elle possède de nombreuses plantes endémiques, aromatiques et médicinales riches en métabolites secondaires avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologiques. Dans le cadre d'une valorisation de ces ressources, trois espèces forestières endémiques à Khenchela (*Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus* L. et *Juniperus phoenicia* L.) ont fait l'objet de notre étude, à travers l'évaluation de l'activité antimicrobienne ainsi que l'activité antioxydante et l'analyse phytochimique des extraits hydro-éthanoliques de ses feuilles.

Les résultats obtenus au cours de notre travail sur les trois plantes endémiques de Khenchela sont :

- ⇒ La macération a montré que les extraits des plantes présentent des rendements estimés de 20,68 %, 17,8% et 15 % pour l'extrait de *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicia* L. et *Cedrus atlantica*, respectivement.
- ⇒ Le criblage phytochimique des parties aériennes (feuilles) des trois espèces sélectionnées a révélé la présence de différentes familles de métabolites secondaires. Il s'agit essentiellement des composés phénoliques, composés réducteurs, terpénoides, tanins et en coumarines. Ces constituants sont connus de part leurs diverses propriétés biologiques. Les alcaloïdes sont faiblement positif dans l'extrait de *Juniperus phoenicia* L. et négatif dans l'extrait de *Cedrus atlantica* et l'extrait de *Juniperus oxycedrus*. Alors que les polyuronides, les flavonoïdes, les saponines et les mucilages, sont totalement absents dans les trois extraits.
- ⇒ Le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes des extraits ont été effectués selon la méthode de Folin-Ciocalteu et le trichlorure d'aluminium en utilisant l'acide gallique et la quercétine comme références. Les résultats obtenus indiquent que les teneurs en polyphénols dans les extraits de *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicia* L. et *Cedrus atlantica* sont : $101,92 \pm 9,67$, $88,875 \pm 7,75$ et $44,25 \pm 2,12$ μg EAG/mg, respectivement. Concernant les flavonoïdes les trois extraits de *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicia* L. et *Cedrus atlantica* contiennent des teneurs estimées de $25,97 \pm 2,91$, $18,42 \pm 1,27$ et $20,84 \pm 0,19$ μg EQ/mg, respectivement.
- ⇒ L'activité antioxydante *in vitro* est aussi évaluée par la méthode de réduction du radical libre 1,1-diphényl-2-picryl-hydrasyl (DPPH). Le test a montré que

le pouvoir antioxydant est proportionnel à l'augmentation des concentrations de trois extraits. Selon les résultats obtenus du test de l'effet scavenger du radical DPPH, le pourcentage d'inhibition le plus élevé a été observé avec l'extrait de *Juniperus oxycedrus L.* (82,4 %) suivi par l'extrait de *Juniperus phoenicia L.* (82,24 %) et enfin l'extrait hydro-éthanolique de *Cedrus atlantica* qui possède le plus faible pourcentage d'inhibition (66,72 %). Néanmoins, cette activité reste inférieure à l'antioxydant standard utilisé (l'acide ascorbique 85,92 %).

- ⇒ Une relation linéaire a été établie entre l'activité antioxydante des échantillons testés et le contenu en polyphénols et en flavonoïdes. Les échantillons les plus riches en polyphénols totaux sont les plus actives.
- ⇒ L'activité antimicrobienne de trois extraits hydro-éthanoliques des aiguilles de *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.* a été évaluée contre sept bactéries à Gram+ et Gram- et deux souches fongiques par la méthode de diffusion sur un milieu gélosé. Les résultats ont montré que les extraits de *Cedrus atlantica*, *Juniperus oxycedrus L.* et *Juniperus phoenicia L.* n'ont aucun effet vis-à-vis tous les souches testées, à l'exception de la souche *B.cereus* qui était sensible à l'extrait de *J.oxycedrus L.* dont la zone d'inhibition était de 10,5 mm à la concentration de 200 mg/ml. Ainsi sa croissance a été arrêtée à une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 6,25 mg/ml.

Comme perspectives pour la continuité de ce travail, il serait intéressant de :

- ✓ Tester autres méthodes d'extraction et d'autre solvants pour l'optimisation du rendement des extraits et de la bioactivité.
- ✓ Réaliser des études complémentaires pour approfondir nos connaissances et explorer davantage les possibilités de valorisation de ces plantes avec d'autres concentrations des extraits afin d'avoir des résultats plus précis sur les extraits de ces trois plantes endémiques.
- ✓ Élargir le spectre de la recherche en étudiant un large éventail de souches microbiennes et en identifiant les composants actifs responsables de l'activité antimicrobienne.

Conclusion et perspectives

- ✓ Approfondir ce travail par l'identification des composants dotés d'une activité antimicrobienne et d'une activité antioxydante dans les extraits actifs de ces trois plantes endémiques de Khenchela.

Enfin ce travail va nous ouvrir des horizons de recherche ciblés dans le domaine des plantes endémiques, notamment en termes de mise en évidence des principes actifs et l'évaluation de leurs activités biologiques.

*RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES*



A

- **Abdellah, F., Laid, B., Hammoudi, S. M., & Benaraba, R. (2018).** *In vitro* Evaluation of the Antimicrobial and Antioxidant activities of *Juniperus oxycedrus* essential oil (Cade oil). *International Journal of Innovation Engineering and Science Research*, 2(6), 66-76.
- **Abdessemed, K. (1981).** Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Mann.) dans les massifs de l'Aures et du Belezma étude phytosociologique et problème de conservation et d'aménagement. Thèse de Doctorat Ing. Université Aix-Marseille I II 199 p +1carte.
- **Abedini, A., (2013).** Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles D'Hyptis atrorubens Poit. (Lamiaceae), sélectionnées par un criblage d'extraits de 42 plantes. Médecine humaine et pathologie. Thèse de Doctorat, Université du Droit et de la Santé-Lille II (France), p. 12-13.
- **Ait-Mimoune, N., Kada, F., & Drider, H. (2023).** Antimicrobial and Antioxidant activities of Algerian *Juniperus phoenicea* and *Salvia officinalis* Essential Oils. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 67(2), 122-129.
- **Akrout, A. (2004).** Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 289-292.
- **Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021).** Extraction of phenolic compounds: A review. *Current research in food science*, 4, 200-214.
- **Alhadad, A. O., Salem, G. S., Hussein, S. M., & Elshareef, S. M. (2023).** Antibacterial activity of Libyan *Juniperus phoenicea* L. leaves extracts against

- common nosocomial pathogens. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 11 (2),371-379.
- **Al-Mustafa, A., Al-Tawarah, M., Al-Sheraideh, M. S., & Al-Zahrany, F. A. (2021).** Phytochemical analysis, antioxidant and *in vitro* β -galactosidase inhibition activities of *Juniperus phoenicea* and *Calicotome villosa* methanolic extracts. *BMC chemistry*, 15, 1-13.
 - **Amalou, N., & Mouhoubi, E. (2014).** Caractérisation biologique et biochimique du Genévrier (*Juniperus phoenicea*) au niveau du Parc National de Gouraya à Bejaïa. Mémoire de Master. Université A.Mira- Bejaia, p. 6.
 - **Amara, N. (2019).** Activité antimicrobienne des extraits phénoliques de *Juniperus phoenicea* et *Glycyrrhiza glabra*. Mémoire de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, p. 14.
 - **Ameggouz, M., Drioua, S., El-Guourrami, O., Azalmad, H., Ouajdi, M., Zahidi, A., Doukkali, A., Satani, B., & Benzeid, H. (2024).** Phytochemical Analysis and Evaluation of the Antioxidant Activity of *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière Stem Extracts. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(3), p. 6741.
 - **Ameh, S. J., Obodozie, O. O., Babalola, P. C., & Gamaniel, K. S. (2011).** Medical herbalism and herbal clinical research: a global perspective. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 1(4), 99.
 - **Amer, M. M. A., Wasif, M. M., Abo Aytta, A. M. & Gabr, F. A. A. (1994).** Chemical and evaluation of *Juniperus phoenicea* as a hypoglycaemic agent. *Zagazig Journal of Agricultural Research (Egypt)*. 21 (4), 1077-1091.
 - **Angane, M., Swift, S., Huang, K., Butts, C. A., & Quek, S. Y. (2022).** Essential oils and their major components: An updated review on antimicrobial activities,

- mechanism of action and their potential application in the food industry. *Foods*, 11(3), 464.
- **Awor, & Samseny, R. R. (2003).** Contribution à l'étude phytochimique d'une plante traditionnellement utilisée comme poison d'épreuve au Gabon : le *Strychnos Icaja* Baillon (Mbundu), Loganiacée. Thèse du Doctorat. Université de Bamako, - Stomatologie, Mali.
 - **Ayoola, G. A., Coker, H. A., Adesegun, S. A., Adepoju, A. A., Obawe, K., & Ezennia, E. C. (2008).** Atangbayila1 Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of Some Selected Medicinal Plants Used for Malaria Therapy in Southwestern Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7 (3), 1019-1024.

B

- **Bammou, M., Bouhlali, E. D. T. Sellam, K., El-Rhaffari, L., Ibijbijen, J., & Nassiri, L. (2020).** Évaluation des activités antioxydante et antibactérienne des extraits aqueux des feuilles et des fleurs de *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton. *Phytothérapie*, 20(1), 2-8.
- **Barrero, A. F., del Moral, J. F. Q., Herrador, M. M., Arteaga, J. F., Akssira, M., Benharref, A., & Dakir, M. (2005).** Abietane diterpenes from the cones of *Cedrus atlantica*. *Phytochemistry*, 66(1), 105-111.
- **Belhaddad, O. E., Zidane, S., Amamra, S., Bouchelouche, K., Mohamadi, S., Bouzidi, L., & Bouleghlem, H. (2023).** Phytochemical characterization, biological screening and corrosion inhibition of mild steel from extracts of *Juniperus oxycedrus* L. *Notulae Scientia Biologicae*, 15(4), 11635-11635.
- **Belhaddad, O. E., Zidane, S., Amamra, S., Bouchelouche, K., Mohamadi, S., Bouzidi, L., & Bouleghlem, H. (2023).** Phytochemical characterization, biological

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- screening and corrosion inhibition of mild steel from extracts of *Juniperus oxycedrus* L. *Notulae Scientia Biologicae*, 15(4), 11635-11635.
- **Belkacem, N., Khettal, B., Hudaib, M., Bustanji, Y., Abu-Irmaileh, B., & Amrine, C. S. M. (2021).** Antioxidant, antibacterial, and cytotoxic activities of *Cedrus atlantica* organic extracts and essential oil. *European Journal of Integrative Medicine*, 42, 101292.
 - **Benkhnigue, O., Akka, F. B., Salhi, S., Fadli, M., Douira, A., & Zidane, L. (2014).** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans la région d'Al Haouz-Rhamna (Maroc). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(1), 3539-68.
 - **Bennouna, F., Lachkar, M., El Abed, S., & Saad, I. (2020).** *Cedrus atlantica* essential oil: Antimicrobial activity and effect on the physicochemical properties of cedar wood Surface. *Moroccan Journal of Biology*, 16, 35-45.
 - **Bentabet Lasgaa, N. (2015).** Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia aretioides* et *Echium vulgare* de l'ouest algérien. Thèse de Doctorat. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, p. 20-21.
 - **Bhatia, L., Kaladhar, D. S., Sarkar, T., Jha, H., & Kumar, B. (2024).** Food wastes phenolic compounds (PCs): overview of contemporary greener extraction technologies, industrial potential, and its integration into circular bioeconomy. *Energy, Ecology and Environment*, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s40974-024-00321-z>
 - **Biyiti, L. F., Meko'o, D. J. L., Tamz, V., & AmvamZollo, P. H. (2004).** Research of the anti bacterial activity of four Cameroonian medicinal plants. *Pharmacopoeia and African Traditional Medicine*, 13, 11-20.

- **Bondet, V., Brand-Williams, W., & Berset, C. L. W. T. (1997).** Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH. free radical method. *LWT-Food Science and Technology*, 30(6), 609-615.
- **Boudarene, L., Rahim, L., Baaliouamer, A., & Meklati BY. (2004).** Analysis of Algerian essential oils from twigs, needles and wood of *Cedrus atlantica* G. Manetti by GC/MS. *Journal of Essential Oil Research*, 16, 531–34.
- **Bouyahia, C., Slaoui, M., Gouiti, M., Ouassor, I., Harhar, H., & El Hajjaji, S. (2022).** Total phenolic, flavonoid contents and antioxidant activity of *Cedrus atlantica* extracts. *Polish Journal of Natural Sciences*, 37(1), 63–74.
- **Bouyahyaoui, A., Bahri, F., Romane, A., Höferl, M., Wanner, J., Schmidt, E., & Jirovetz, L. (2016).** Antimicrobial activity and chemical analysis of the essential oil of Algerian *Juniperus phoenicea*. *Natural product communications*, 11(4), 1934578X1601100426.
- **Brahimi, S. (2017).** Contribution à l'évaluation de l'effet toxique et thérapeutique des plantes médicinales: *Juniperus phoenicea*, *Olea europaea* et *urtica dioica*. Mémoire de Master. Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira, p. 29.

C

- **Cao, X., Zhou, J., Liu, J., Chen, H., & Zheng, W. (2023).** Aromatherapy in anxiety, depression, and insomnia: A bibliometric study and visualization analysis. *Heliyon*, 9(7), e18380.
- **Cazzonelli, C. I. (2011).** Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant Biology*, 38(11), 833-847.
- **Charco, J. (2001).** Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Madrid: Agencia Española de Cooperación Internacional, (Ediciones Mundo Árabe e Islam).

- **Chauiyakh, O., El Fahime, E., Aarabi, S., Ninich, O., Bentata, F., Kettani, K., Chaouch, A., & Ettahir, A. (2023).** A systematic review on chemical composition and biological activities of cedar oils and extracts. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 16(8), 3875-3883.
- **Chauveau, A., Geirnaert, A., Babst, A., Treyer, A., Lacroix, C., Hamburger, M., & Potterat, O. (2023).** Alkaloids in commercial preparations of *California poppy*—Quantification, intestinal permeability and microbiota interactions. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 166, 115420.
- **Chrysargyris, A., Petrovic, J. D., Tomou, E. M., Kyriakou, K., Xylia, P., Kotsoni, A., Gkretsi, V., Miltiadous, P., Skaltsa, H., Soković, M. D., & Tzortzakis, N. (2024).** Phytochemical Profiles and Biological Activities of Plant Extracts from Aromatic Plants Cultivated in Cyprus. *Biology*, 13(1), 45.
- **Chuo, S. C., Nasir, H. M., Mohd-Setapar, S. H., Mohamed, S. F., Ahmad, A., Wani, W. A., Muddassir, M., & Alarifi, A. (2022).** A glimpse into the extraction methods of active compounds from plants. *Critical reviews in analytical chemistry*, 52(4), 667-696.
- **Ciumărnean, L., Milaciu, M. V., Runcan, O., Vesa, Ș. C., Răchișan, A. L., Negrean, V., Perné, M. G., Donca, V. I., Alexescu, T. G., Para, I., & Dogaru, G. (2020).** The effects of flavonoids in cardiovascular diseases. *Molecules*, 25(18), 4320.
- **Coelho, N., Gonçalves, S., & Romano, A. (2020).** Endemic plant species conservation: Biotechnological approaches. *Plants*, 9(3), 345.
- **Couplan, F. (2009).** Le régal végétal: plantes sauvages comestibles (Vol. 1). Editions Ellebore, p. 59.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Dangles, O., & Deluzarche, M. (1994).** Flavonoïdes et anthocyanes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 88(768), 1609-1617.
- **D'Antraccoli, M., Carta, A., Astuti, G., Franzoni, J., Giacò, A., Tiburtini, M., Pinzani, L., & Peruzzi, L. (2023).** Une approche globale pour améliorer la recherche, la conservation et la vulgarisation des espèces végétales endémiques. *Journal des jardins zoologiques et botaniques*, 4 (2), 490-506.
- **Deffa, O., & Daikh, B. (2024).** Preliminary phytochemical screening, *in vitro* antioxidant activity and insecticidal activity of methanolic leaves extract of *Cedrus atlantica* from Belezma, Algeria. *Journal of Biological Research*.
<https://doi.org/10.4081/jbr.2024.11668>
- **Derwich, E., Benziane, Z., & Boukir, A. (2010).** Chemical composition and *In vitro* antibacterial activity of the essential oil of *Cedrus atlantica*. *International journal of agriculture & biology*, 12, 381-385.
- **Dhanani, T., Shah, S., Gajbhiye, N. A & Kumar, S. (2017).** Effet des méthodes d'extraction sur le rendement, les constituants phytochimiques et l'activité antioxydante de *Withania somnifera*. *Journal arabe de chimie*, 10, S1193-S1199.
- **Dih, A., & Belguendouz, A. (2022).** Contribution à l'étude phytochimique et évaluation du pouvoir antioxydant des alcaloïdes extraits d'*Osyris alba L.*, récoltée au niveau de la région de Beni-Snousse Tlemcen. Mémoire de Master. Université Abou-Bekr Belkaid-Tlemcen.
- **Dirar, A. I., Alsaadi, D. H. M., Wada, M., Mohamed, M. A., Watanabe, T., & Devkota, H. P. (2019).** Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 120, 261-267.

- **Djama, S., & Karour, T. (2020).** Les alcaloïdes: classification, extraction, criblage et activités biologiques. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p. 12.
- **Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97 (4), 654-660.
- **Djerrah, R., & Ihadrien, S. (2017).** Étude de l'effet de l'huile essentielle de cèdre de l'atlas (*cedrus atlantica*) sur la conservation de la saucisse. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p. 21.
- **Dohou, N., Yani, K., Thahrouch, S., Idrissi Hassani, L-M., Badoc, A G & mira N. (2003).** Screening phytochimique d'une endémique ibéro- Marocaine; *Thynelaea lythroides*. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 142,61-78.

E

- **Egorov, A. M., Ulyashova, M. M., & Rubtsova, M. Y. (2018).** Bacterial enzymes and antibiotic resistance. *Acta Naturae*, 10(4), 33-48.
- **El Alami, A., Farouk, L., & Chait, A. (2016).** Etude ethnobotanique sur les plantes médicinales spontanées poussant dans le versant nord de l'Atlas d'Azilal (Maroc). *Algerian Journal of Natural Products*, 4(2), 271-282.
- **El Azzouzi, K., & Keller, R. (1998).** Propriétés technologiques du bois de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*). *Forêt méditerranéenne*, 19(1), 11-33.
- **El Bakkali, N. (2020).** Contribution à l'étude de la variabilité chez le cèdre de l'Atlas au Maroc. Thèse de Doctorat. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès de Maroc, p. 12.

- **El Bakkali, N., & Amraoui, M. B. (2022).** Morphological and anatomical characterization of ecotype needles of *Cedrus atlantica* in Morocco. *International Journal of Forestry Research*, 2022, 11.
- **El Hachlafi, N., Mrabti, H. N., Al-Mijalli, S. H., Jeddi, M., Abdallah, E. M., Benkhaira, N., Hadni, H., Assaggaf, H., Qasem, A., Goh, K. W., AL-Farga, A., Bouyahya, A., & Fikri-Benbrahim, K. (2023).** Antioxidant, volatile compounds; antimicrobial, anti-inflammatory, and dermatoprotective properties of *Cedrus atlantica* (endl.) manetti ex carriere essential oil: *in vitro* and *in silico* investigations. *Molecules*, 28(15), 5913.
- **El-Sawi, S. A., Motawae, H. M., & Ali, A. M. (2007).** Chemical composition, cytotoxic activity and antimicrobial activity of essential oils of leaves and berries of *Juniperus phoenicea L.* grown in Egypt. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 4(4), 417-426.
- **Elsherif, K. M., Sulaiman, M. A., & Mlitan, A. (2024).** Chemical Composition and Phytochemical Screening of *Juniperus Phoenicea L.* Evaluation of Antioxidant Activity, Minerals, and Bioactive Compounds. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 11(2), 709-722.

F

- **Fadili, K., Zerkani, H., Amalich, S., & Zair, T. (2017).** Etude phytochimique et evaluation de l'activite antioxydante des feuilles et des fruits du *Capparis spinosa L.* *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 5(2), 108-118.
- **Fusi, F., Trezza, A., Tramaglino, M., Sgaragli, G., Saponara, S., & Spiga, O. (2020).** The beneficial health effects of flavonoids on the cardiovascular system: Focus on K⁺ channels. *Pharmacological Research*, 152, 104625.

G

- **García, C., Moracho, E., Díaz-Delgado, R., & Jordano, P. (2014).** Long-term expansion of juniper populations in managed landscapes: patterns in space and time. *Journal of Ecology*, 102(6), 1562-1571.
- **Gaussen, H. & Leroy H. F. (1982).** Précis de botanique, végétaux supérieurs. Masson. Paris. 426p.
- **Ghai, I. (2023).** A barrier to entry: examining the bacterial outer membrane and antibiotic resistance. *Applied Sciences*, 13(7), 4238.
- **Ghedadba, N., Hambaba, L., Aberkane, M. C., Oueld-Mokhtar, S. M., Fercha, N., & Bousselsela, H. (2014).** Évaluation de l'activité hémostatique *in vitro* de l'extrait aqueux des feuilles de *Marrubium vulgare L.* *Algerian Journal of Natural Products*, 2(2), 64-74.
- **Ghenabzia, I., Hemmami, H., Amor, I. B., Zeghoud, S., Seghir, B. B., & Hammoudi, R. (2023).** Different methods of extraction of bioactive compounds and their effect on biological activity: A review. *International Journal of Secondary Metabolite*, 10(4), 469-494.
- **Ghouati, I.A., & Rabahi, D. (2023).** Study of the influence of the geographical variation and the mode of preparation on some pharmacological properties of *Juniper Juniperus oxycedrus* in Algeria. Mémoire de Master. Université Ibn Khaldoun de Tiaret, p. 4.
- **Graham, K., & Houston, R. (2024).** Evaluation of chloroplast DNA barcoding markers to individualize *Papaver somniferum* for forensic intelligence purposes. *International Journal of Legal Medicine*, 138(1), 267-275.

- **Graichi, F. Z., Mechekak, A., Meghrebi, S. (2020).** Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de cade. Mémoire de Master. Université Ibn Khaldoun de Tiaret, p. 3.
- **Gray, A. (1864).** Du genévrier, ses caractères botaniques, sa composition chimique son action physiologique : Application thérapeutique de l'éthérolé de genévrier. Deuxième édition. Imprimerie de J. Roblot, Rue de clos, 534p.
- **Guillot, J. F., Bastien, J., Bertin, J., Bousquet-Mélou, A., Gicquel-Bruneau, M., Chauvin, C., Faroult, B., Fric, D., Gay, E., Gidenne, T., Giraud, E., Granier, S., Haenni, M., Hugnet, C., Kempf, I., Laurentie, M., Laval, A., Ledru, M., Madec, J. Y., Medaille, C., Millemann, Y., Poirel, L., Pouliquen, H., Rousseau, F., Rugraff, Y., Sanders, P., Schmidely, P., Moulin, G., Chevance, A., Boudergue, C., & Dunoyer, C. (2014).** Risques d'émergence d'antibiorésistances liés aux modes d'utilisation des antibiotiques dans le domaine de la santé animale. Rapport d'expertise collective, 240 p.
- **Gutiérrez-del-Río, I., López-Ibáñez, S., Magadán-Corpas, P., Fernández-Calleja, L., Pérez-Valero, Á., Tuñón-Granda, M., Miguélez, E. M., Villar, C. J., & Lombó, F. (2021).** Terpenoids and polyphenols as natural antioxidant agents in food preservation. *Antioxidants*, 10(8), 1264.

H

- **Hafsi, Z., Belhadj, S., Derridj, A., Mevy, J. P., Notonnier, R., Tonetto, A., & Gauquelin, T. (2017).** Étude de la variabilité morphologique (aiguilles, galbules) du complexe spécifique *Juniperus oxycedrus L.*, le Genévrier Oxycèdre, au sein de sept populations d'Algérie. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 72(4), 353-373.

- **Hamadi, F. Z., Tamindjoute, H., & Benrima, A. (2022).** Temporal evolution of the atlas cedar scale *Dynaspidotus regnieri* (Insecta, Diaspididae) in the Chrea and Thniet Elhad National Park (Algeria). *AgroBiologia*, 12 (2), 3292-3299.
- **Harrath, C. & Benmedakhen, H. (2023).** Effet de l'huile essentielle d'une plante *Juniperus phoenicea* sur la croissance chez deux espèces de moustique *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Mémoire de Master. Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi de Tebessa, p. 17.
- **Hassanpouraghdam, M. B., Ghorbani, H., Esmaeilpour, M., Alford, M. H., Strzemski, M. & Dresler, S. (2022).** Diversité et modes de répartition des plantes médicinales et aromatiques endémiques d'Iran : implications pour la conservation et la gestion de l'habitat. *Journal international de recherche environnementale et de santé publique*, 19 (3), 1552.

J

- **Indelicato, S., Houmanat, K., Bongiorno, D., Ejjilani, A., Hssaini, L., Razouk, R., Charafi, J., Ennahli, S., & Hanine, H. (2023).** Freeze dried pomegranate juices of Moroccan fruits: Main representative phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(3), 1355-1365.

K

- **Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., & He, X. (2014).** Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(7), 377-392.
- **Karaman, I., Şahin, F., Güllüce, M., Öğütçü, H., Şengül, M., & Adıgüzel, A. (2003).** Antimicrobial activity of aqueous and methanol extracts of *Juniperus oxycedrus L.* *Journal of ethnopharmacology*, 85(2-3), 231-235.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Kaşıkçı, M. B., & Bağdathoğlu, N. (2024).** Bioaccessibility and Bioavailability of Phenolics in Grapes and Grape Products. *In Food Process Engineering and Technology: Safety, Packaging, Nanotechnologies and Human Health*, 347-361. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6831-2_18
- **Kaur, R., Kaur, K., Arora, R., Saini, B., & Arora, S. (2021).** Natural fused heterocyclic flavonoids: potent candidates as anti-inflammatory and anti-allergic agents in the treatment of asthma. *Current Bioactive Compounds*, 17(1), 28-40.
- **Kharchouche, D. (2013).** Approches sylvicole et paléoécologique pour l'étude des facteurs de dépérissement et la répartition spation-temporelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Man.*) de l'Aures. Thèse de Doctorat. Université Hadj-Lakhdar de Batna, p. 1.
- **Khitour, M. A., & Bachani, T. (2020).** L'Etude biologique de l'extrait méthanolique de la plante médicinale *Thymus vulgaris*. et comparer son efficacité à certains antibiotiques. Mémoire de Master. Université Ibn-Khaldoun-Tiatret, p. 8.
- **Klimko, M., Boratyńska, K., Montserrat, J. M., Didukh, Y., Romo, A., Gómez, D., Kluza-Wieloch, M., Marcysiak, K., & Boratyński, A. (2007).** Morphological variation of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean region. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 202(2), 133-147.
- **Kolekar, S. M., Jain, B. U., & Kondawarkar, M. S. (2019).** A review on steroids and terpenoids (stereochemistry, structural elucidation, isolation of steroids and terpenoids). *Research Journal of Pharmaceutical Dosage Forms and Technology*, 11(2), 126-130.

- **Kontiza, I., Stavri, M., Zloh, M., Vagias, C., Gibbons, S. & Roussis, V. (2008).** New metabolites with antibacterial activity from the marine angiosperm *Cymodocea nodosa*. *Tetrahedron*, 64, 1696-1702.
- **Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2011).** A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and bioproducts processing*, 89(3), 217-233.

ℒ

- **Lahlou, M. (2003).** Composition and molluscicidal properties of essential oils of five Moroccan Pinaceae. *Pharmaceutical biology*, 41, 207–10.
- **Laouer, H., Zerroug, M. M., Sahli, F., Chaker, A. N., Valentini, G., Ferretti, G., Grande, M. & Anaya, J. (2003).** Composition and antimicrobial activity of *Ammonites Pussilla* (Brot.). Breistr essential oil. *Journal of essential oil reaserche*, 15, 135-138.
- **Lee, J. Y., Lee, H. S., Lee, Y. Y., Kim, M. H., Kim, H. J., Han, N., , Kang, M. S., & Yeon, Y. J. (2024).** Comprehensive study on the inhibition mechanism of alpha-glucosidase by flavonoids via kinetic and structural analysis. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 1-13.
- **Leite, P. M., Camargos, L. M., & Castilho, R. O. (2021).** Recent progress in phytotherapy: A Brazilian perspective. *European Journal of Integrative Medicine*, 41, 101270.
- **Lima, R. A. F., Souza, V. C., de Siqueira, M. F., & ter Steege, H. (2020).** Defining endemism levels for biodiversity conservation: tree species in the Atlantic Forest hotspot. *Biological Conservation*, 252, 108825.

- **Linares, J. C., Taïqui, L., & Camarero, J. J. (2011).** Increasing drought sensitivity and decline of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas forests. *Forests*, 2(3), 777-796.
- **Loaiza-Cano, V., Monsalve-Escudero, L. M., Filho, C. D. S. M. B., Martinez-Gutierrez, M., & Sousa, D. P. D. (2020).** Antiviral role of phenolic compounds against dengue virus: A review. *Biomolecules*, 11(1), 11.
- **Lock, O., Cabello I., & Doroteo V. H., (2006).** Analysis of flavonoids in plants. *Current Medicinal Chemistry*, 20, 6-11.
- **López-Tirado, J., Vessella, F., Stephan, J., Ayan, S., Schirone, B., & Hidalgo, P. J. (2021).** Effect of climate change on potential distribution of *Cedrus libani* A. Rich in the twenty-first century: An Ecological Niche Modelling assessment. *New Forests*, 52(3), 363–376.
- **Loucif, A. (2020).** Activité antioxydante de la plante médicinale « Haloxylon scoparium ». Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra, p. 8.

M

- **Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E. & Kefalas, P. (2005).** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89 (3), 411-420.
- **Mansouri, N., Satrani, B., Ghanmi, M., El Ghadraoui, L., & Aafi, A. (2011).** Étude chimique et biologique des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia* et *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* du Maroc. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15 (3), 415-424.

- **Manzi, G., Magri D., & Palombo M. R. (2011).** Early-Middle Pleistocene environmental changes and human evolution in the Italian Peninsula. *Quaternary Science Reviews*, 30, 1420–1438. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.05.034>
- **Massei, G., Watkins, R., & Hartley, S. E. (2006).** Sex-related growth and secondary compounds in *Juniperus oxycedrus macrocarpa*. *Acta Oecologica*, 29(2), 135-140.
- **Mazur, M., Klajbor, K., Kielich, M., Sowinska, M., Romo, A., Montserrat, J. M., & Boratynski, A. (2010).** Intra-specific differentiation of *Juniperus phoenicea* in the western Mediterranean region revealed in morphological multivariate analysis. *Dendrobiology*, 63, 21–31.
- **Meléndze-Martínez, A. J., Mapelli-Brahm, P., Hornero-Méndez, D., & Vicario, M. I. (2019).** Structures, Nomenclature and General Chemistry of Carotenoids and Their Esters. In *Carotenoid Esters in Foods: Physical, Chemical and Biological Properties*. A. Z. Mercadante (Ed). Royal Society of Chemistry. Chapter 1, pp 3-50. DOI 10.1039/9781788015851-00001.
- **Menaceur, F., Benchabane, A., Hazzit, M., & Baaliouamer, A. (2013).** Chemical composition and antioxidant activity of Algerian *Juniperus phoenicea L.* extracts. *Journal of biologically active products from nature*, 3(1), 87-96.
- **Mendoza, N., & Silva, E. M. E. (2018).** Introduction to phytochemicals: secondary metabolites from plants with active principles for pharmacological importance. *Phytochemicals: Source of antioxidants and role in disease prevention*, 25, 1-5.
- **M'herit, O., & Benzyane, M. (Eds.). (2006).** Le Cèdre de l'Atlas: Mémoire du temps. Editions Mardaga.

- **Mohammadi-Cheraghbabadi, M. & Hazrati, S. (2023).** Chapter 5 Terpenoids, steroids, and phenolic compounds of medicinal plants. In C. Arora, D. Verma, J. Aslam & P. Mahish (Ed.), *Phytochemicals in Medicinal Plants: Biodiversity, Bioactivity and Drug Discovery* (pp. 105-130). Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110791891-005>.
- **Montané, X., Kowalczyk, O., Reig-Vano, B., Bajek, A., Roszkowski, K., Tomczyk, R., Pawliszak, W., Giamberini, M., Mocek-Plócinia, A., & Tylkowski, B. (2020).** Current perspectives of the applications of polyphenols and flavonoids in cancer therapy. *Molecules*, 25(15), 3342.

N

- **Naili, O. (2016).** Effet des Extraits de *Abies numidica* de lannoy sur la croissance et sur la microflore caecale et fécale des poussins de chairs, Thèse de Doctorat Université Ferhat Abbas. Sétif. Algérie.
- **Naimi, F., Bousta, D., Balouiri, M., & Meskaoui, A. E. (2015).** Antioxidant and free radical-scavenging properties of seeds flavonoids extract of *Cedrus atlantica* Manetti, *Linum usitatissimum* L. and *Ocimum basilicum* L. species. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(8), 095-099.
- **Najem, M., Nassiri, L., & Ibibjijen, J. (2022).** Origin of vernacular names of plants: case of toxic plants for medicinal use in the central Middle Atlas–Morocco. *Interdisciplinary Science Reviews*, 47(1), 40-61.
- **Nam, A. M. (2014).** Contribution de la RMN 13C à l'analyse des huiles végétales, huiles essentielles et résines (*Olea europaea*, *Pinus halepensis* et *Cedrus atlantica*). Thèse de Doctorat. Université Pascal Paoli, p. 105.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Naso, L. G., Ferrer, E. G., & Williams, P. A. (2023).** Correlation of the anticancer and pro-oxidant behavior and the structure of flavonoid-oxidovanadium (IV) complexes. *Coordination Chemistry Reviews*, 492, 215271.
- **Negreche, S., & Benattia, A. (2019).** Etude Phytochimique Et Activité Antioxydante Des Extraits Du *Juniperus Oxycedrus*. Mémoire de Master. Université Mouhamed Boudiaf de M'sila, p. 30.
- **Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N. C., & Pogson, B. J. (2015).** Carotenoid metabolism in plants. *Molecular plant*, 8(1), 68-82.
- **Nollet, L. M. (2023).** Terpenes and Terpenoids Containing Food Spices. In *Analysis of Food Spices* (pp. 19-28). CRC Press.

O

- **Ouaar, D. (2023).** Valorisation multifonctionnelle du bois d'une cupressacée de l'ouest algérien: cas de *Juniperus oxycedrus L.* Thèse de Doctorat. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbes, p. 12.
- **Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., Yameogo, J. B. G., Djande, A., Belemnaba, L., Kini, F. B., Ouedraogo, S., & Semde, R. (2021).** Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.

P

- **Pammi, S. S., Suresh, B., & Giri, A. (2023).** Antioxidant potential of medicinal plants. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 26(1), 13-26.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Parfait, B. T. S., & Lawrence, M. T. J. (2023).** Pharmacognosy, Phytotherapy and Modern Medicine. *International Journal of Infectious Disease & Epidemiology*, 23(4), 1.
- **Ponce, A. G., Fritz, R., Delvalle, C., & Roura, S. I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologic*, 36, 679-684.

Q

- **Quézel, P., & Santa, S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. Éd. CNRS, Paris.
- **Quezel, P. & Santa, S. (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques. Tome 2, CNRS, Paris. 1170 pages.
- **Quezel, P., & Gast, M. (1998).** "Genévrier", Gabriel Camps dir., 20|Gauda-Girrei, Aix-en-Provence, Edi.sud , (20).

R

- **Rahim, N. A., Jantan, I., Said, M. M., Jalil, J., Abd Razak, A. F., & Husain, K. (2021).** Anti-allergic rhinitis effects of medicinal plants and their bioactive metabolites via suppression of the immune system: a mechanistic review. *Frontiers in pharmacology*, 12, 660083.
- **Raiciu, A. D. (2019, October).** Gemmotherapy—Modern Medicine. In *Proceedings* (Vol. 29, No. 1, p. 117). MDPI.
- **Reggad, Y. M., & Rezek, S. (2023).** Étude phytochimique et évaluation *in vitro* de l'activité biologique du *Juniperus oxycedrus*. Mémoire de Master. Université Ibn Khaldoun de Tiaret, p. 5.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Rosine, C., & Momo, D. (2009).** Evaluation de l'activité antidermatophytique des extraits au méthanol et fractions d'*Acalyphamma hirtum* (melastomatacees). Mémoire du Master. Université de Dschang.
- **Ruiz, C. J. (1993).** Deux genévriers toxiques: *Juniperus Sabina L.* et *Juniperus Phoenicea L.* Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de Limoges, p. 30.

S

- **Sbaddji, M., El Hadi, O., Haddad, A., Kadik, B., & Lambs, L. (2009).** Cedar tree growth (*Cedrus atlantica Manetti*) in Chréa National Park, Algeria, and the influence of defoliation by the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Sc hiff.). *Revue d'écologie*, 64(4), 323-332.
- **Scalbert, A. (1991).** Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 30(12), 3875-3883.
- **Seeram, N. P., Lee, R., Scheuller, H. S., & Heber, D. (2006).** Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food chemistry*, 97(1), 1-11.
- **Siddiqui, T., Sharma, V., Khan, M. U., & Gupta, K. (2024).** Terpenoids in Essential Oils: Chemistry, Classification, and Potential Impact on Human Health and Industry. *Phytomedicine Plus*, 4 (2), 100549.
- **Small, E., & Dentsch, G. (2001).** Nos jardins de pays froids. Ed : CNRC. Pp 90.
- **Sökmen, A., Sökmen, M., Daferera, D., Polissiou, M., Candan, F., Ünlü, M., & Akpulat, H. A. (2004).** The *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and methanol extracts of *Achillea biebersteini* Afan. (Asteraceae). *Phytotherapy Research*, 18(6),451-456.

- **Soltani, Y., Ali-Bouzidi, M., Toumi, F., & Benyamina, A. (2018).** Activités antioxydantes des extraits de trois organes de *Juniperus phoenicea L.* de l'Ouest algérien. *Phytothérapie*, 16(3), 142.
- **Suzuki, T., Ohishi, T., Tanabe, H., Miyoshi, N., & Nakamura, Y. (2023).** Anti-Inflammatory Effects of Dietary Polyphenols through Inhibitory Activity against Metalloproteinases. *Molecules*, 28(14), 5426.

T

- **Tao, H., Li, L., He, Y., Zhang, X., Zhao, Y., Wang, Q., & Hong, G. (2024).** Flavonoids in vegetables: Improvement of dietary flavonoids by metabolic engineering to promote health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(11), 3220-3234.
- **Telaidji, A. N. (2018).** Caractérisation chimique et activités biologiques (*in vitro* et *in vivo*) de l'extrait méthanolique de *Juniperus phoenicea L.* Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri de Constantine, p. 3.
- **Tiwari, & Kakkar, H. P. A. (1990).** Phytochemical examination of *Spilanthus acemella* (Murr.). *Journal of the Indian Chemical Society*, 67, 9, 784–785.
- **Toth, J. (1990).** Le cèdre II. Utilisation et qualité technologique du bois. *La Forêt Privée*, n° 1 97, p: 57-60.
- **Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018).** Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. *Medicines*, 5(3), 93.

V

- Valanciene, E., Jonuskiene, I., Syrpas, M., Augustiniene, E., Matulis, P., Simonavicius, A., & Malys, N. (2020). Advances and prospects of phenolic acids production, biorefinery and analysis. *Biomolecules*, 10(6), 874.

W

- Wong, C. C., Cheng K. W & Chen, F. (2006). A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chemistry*, 97, 705-711.
- Wu, S. M., Li, T. Q., Yang, W. K., Liu, Q., & Gao, J. Y. (2024). Ancient tea gardens play important role on *in situ* conservation of epiphytic orchids in southwest Yunnan, China. *Global Ecology and Conservation*, 49, e02778.

X

- Xie, J. H., Dong, C. J., Nie, S. P., Li, F., Wang, Z. J., Shen, M. Y., & Xie, M. Y. (2015). Extraction, chemical composition and antioxidant activity of flavonoids from *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja leaves. *Food chemistry*, 186, 97-105.

Y

- Yan, Y., Li, X., Zhang, C., Lv, L., Gao, B., & Li, M. (2021). Research progress on antibacterial activities and mechanisms of natural alkaloids: A review. *Antibiotics*, 10(3), 318.
- Yazdani, D., & Tan, Y. H., Kamaruzaman, S. & Jaganath, T. B. (2012). Screening of phytochemical from ethnomedicinal plants in Malaysia for use against toxigenic *Aspergillus flavus*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 5464-5468.

Z

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Zellagui, A., Said, N. L., Gherraf N & Rhouati, S. (2012).** Phytochemical screening of five Algerian plants and the assessment of the antibacterial activity of two *Euphorbia guyoniana* extracts. *Der Pharmacia Lettre*, 4,(5), 1438-1444.
- **Zeng, X., Jiang, W., Du, Z., & Kokini, J. L. (2023).** Encapsulation of tannins and tannin-rich plant extracts by complex coacervation to improve their physicochemical properties and biological activities: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(18), 3005-3018.
- **Živić, N., Milošević, S., Dekić, V., Dekić, B., Ristić, N., Ristić, M., & Sretić, L. (2019).** Phytochemical and antioxidant screening of some extracts of *Juniperus communis* L. and *Juniperus oxycedrus* L. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(5), 351–358.
- **Zlatic, N., Jakovljević, D., & Stanković, M. (2019).** Temporal, plant part, and interpopulation variability of secondary metabolites and antioxidant activity of *Inula helenium* L. *Plants*, 8(6), 179.

Webographie

Site 01: <https://www.aniref.dz/index.php?layout=edit&id=149> (Consulté le 19/04/2024).

Site 02 : <https://www.differencebetween.com/difference-between-terpenes-and-terpenoids/> (Consulté le 05/05/2024).

Site 03 : <https://c8.alamy.com/compfr/2f5ce4a/cafeine-concept-chimique-formule-etiquette-icone-texte-police-vecteur-illustration-isole-sur-blanc-tableau-periodique-des-elements-boissons-addictives-2f5ce4a.jpg> (Consulté le 08/05/2024).

Site 04: https://www.researchgate.net/figure/structure-de-base-des-flavonoides_fig5_314242871 (Consulté le 09/05/2024).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Site 05 :

<https://m.media-amazon.com/images/I/81e5bYfQ-jL. AC UF350,350 QL50 .jpg>

(Consulté le 16/05/2024).

Site 06 : <https://belair.bio/guide-plantes-aromatiques/huile-essentielle-de-cedre-de-latlas-aiguilles/> (Consulté le 11/05/2024).

Site 07 : <https://i.pining.com/736x/4d/af/83/4daf83248fe4191184a84e30f0e13f51.jpg>

(Consulté le 11/05/2024).

Site 08 :

https://ecolothèque.montpellier3m.fr/piwigo_ecolo/ data/i/galleries/Vegetaux/Arbres/Cedre-atlas-Ecorce-me.JPG (Consulté le 11/05/2024).

Site 09 : <https://www.euforgen.org/species/juniperus-oxycedrus/> (Consulté le 13/05/2024).

Site 10 :

https://bgflora.net/families/cupressaceae/juniperus/juniperus_oxycedrus/juniperus_oxycedrus_1_en.html (Consulté le 13/05/2024).

Site 11 : http://nature.jardin.free.fr/arbuste/ft_juniperus_com.html (Consulté le 13/05/2024).

Site 12 : <https://www.phrygana.eu/Flora/Cupressaceae/Juniperus-oxycedrus-macrocarpa/P1450264.JPG> (Consulté le 13/05/2024).

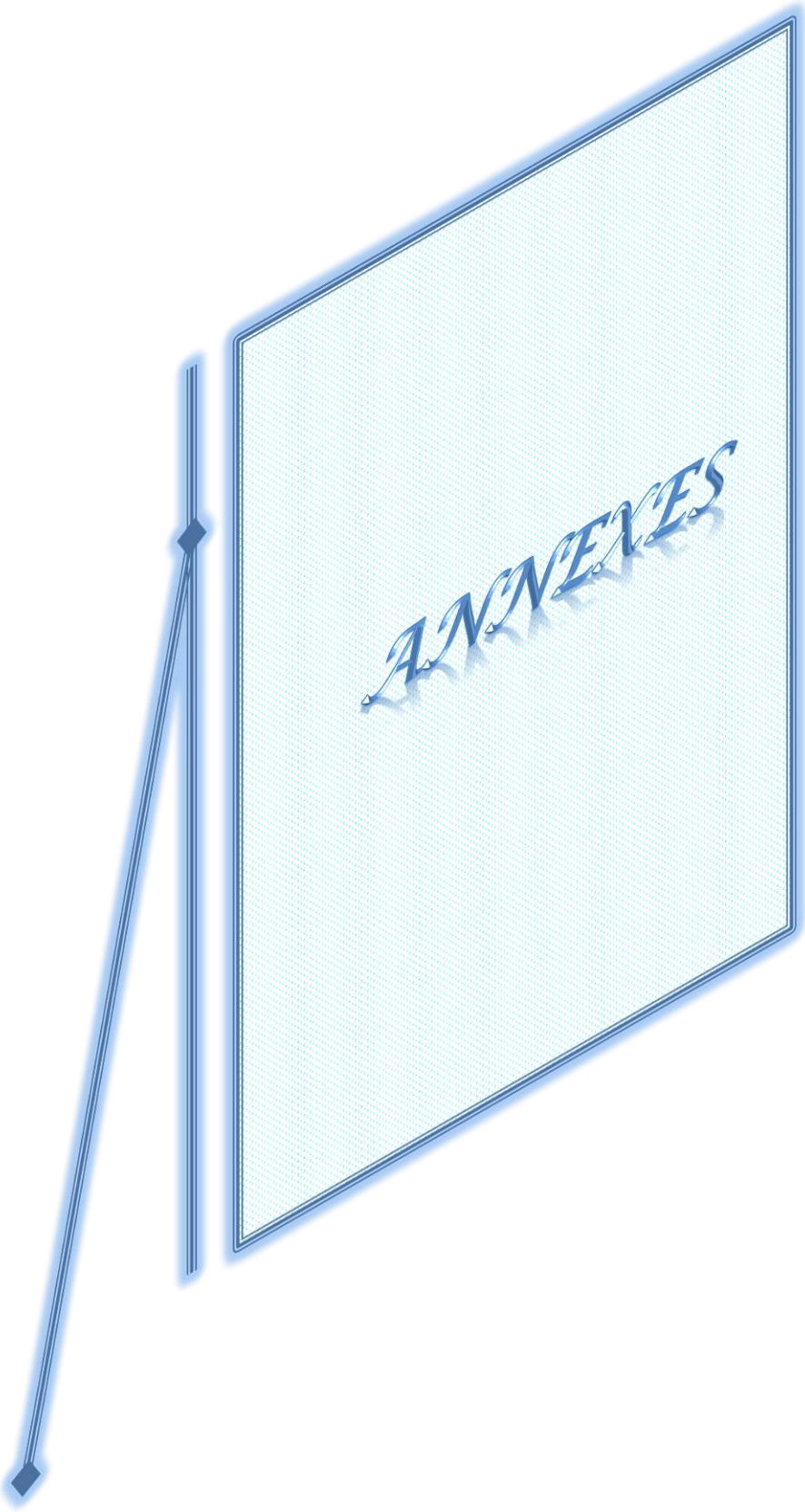
Site 13 : <https://almerja.com/reading.php?idm=144972> (Consulté le 13/05/2024).

Site 14 : https://garrigue-gourmande.fr/images/feuilles/fe242-1_gr.gif (Consulté le 14/05/2024).

Site 15 : https://img.freepik.com/photos-premium/fruits-feuilles-genevrier-phenicien-juniperus-phoenicea_332061-469.jpg (Consulté le 14/05/2024).

Site 16 : <https://theoriginalgarden.com/fr/p/plantes/exterieur/plantes-haies/juniperus-phoenicia-genevrier-de-phenicie> (Consulté le 14/05/2024).

Site 17 : <https://www.conifers.org/cu/ju/p/phoenicea03.jpg> (Consulté le 14/05/2024).





1. Composition et préparation de milieux de culture

1.1. Géluse Mueller-Hinton (MH)

➤ Composition

Composition géluse Mueller-Hinton (MH)	
PH = 7,4 ± 0,2	
Peptone tryptique de caséine	17,5 g
Extrait de viande	2,0 g
Amidon	1,5 g
Calcium	20 à 25 mg
Magnésium	10 à 12,5 mg
Agar	15,0 g
Eau distillée	qsp 1 L

➤ Préparation

On a pesé **38 g** de poudre de la géluse **MH** et on la mise dans 1 litre d'eau distillée, puis on a homogénéisé et chauffé le mélange avec agitation. Le mélange doit porter à l'ébullition d'environ une minute avant de le répartir dans les flacons. Ensuite, on a stérilisé les flacons à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes. Le milieu est conservé au réfrigérateur à 4 °C.

1.2. Gélose Nutritive (GN)

➤ **Composition**

Composition gélose nutritive (GN)	
PH 6.8±0.2 à 25 °C	
Extrait de viande	1, 0g
Extrait de levure	2, 0g
Peptone	5, 0g
Chlorure de sodium	5, 0g
Agar	15, 0g
Eau distillée	qsp 1 L

➤ **Préparation**

On a mis en suspension 23 g de la gélose nutritive poudre dans 1 litre d'eau distillée puis, le mélange est chauffé jusqu'à l'ébullition pour le faire dissoudre complètement en utilisant une plaque chauffante avec agitateur. Le mélange est réparti dans les flacons et stérilisé pendant 15 minutes à 121 °C. Après le refroidissement, les flacons ont conservés au réfrigérateur.

1.3. Potato Dextrose Agar (PDA)

➤ **Composition**

Composition Potato Dextrose Agar (PDA)	
PH final à 25°C: 5,6 ± 0,2	
Pomme de terre	200 g
Agar	20 g
Glucose	20 g
Eau distillée	qsp 1 L

➤ Préparation

21 g de la La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre poudre ont été ajoutés à 500 ml d'eau distillée. Le mélange est porté à l'ébullition puis réparti dans des flacons en verre afin de les stériliser à l'autoclave pendant 15 minutes à 121 °C. Après le refroidissement, les flacons ont été conservés à 4 °C.

1.4. Eau physiologique

➤ Composition

Composition de l'eau physiologique	
Chlorure de Sodium (NaCl)	0,9 g
eau distillée	100 ml

➤ Préparation

On a pesé 0,9 g de poudre (NaCl) et on la mise dans 100 ml d'eau distillée, puis on a homogénéisé. Le mélange est réparti dans les tubes, ensuite on a stérilisé à l'autoclave à 121 °C pendant 20 minutes. Après refroidissement, les tubes ont été conservés au réfrigérateur à 4 °C.

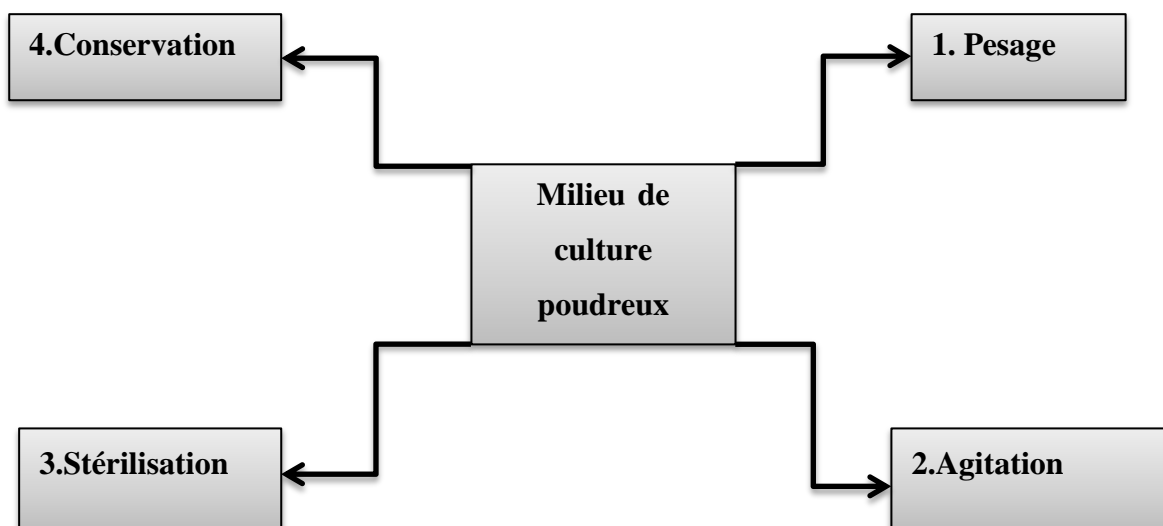
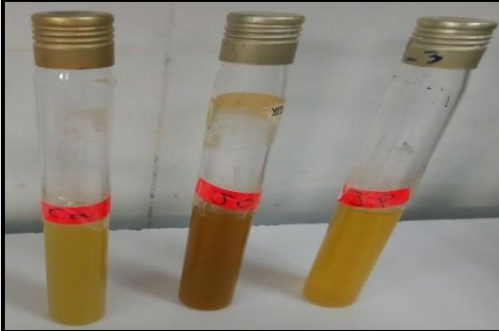
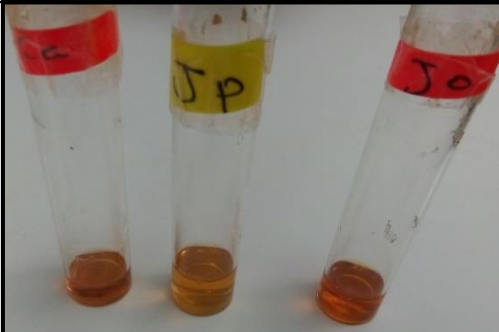





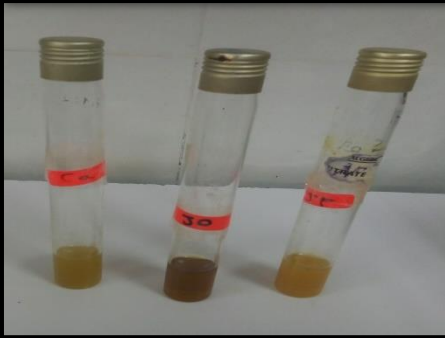
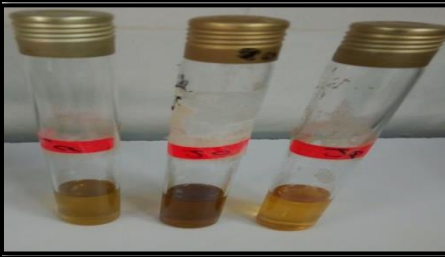



Schéma : Les étapes de la préparation des milieux de culture



Tableau : Résultats des tests phytochimique

Tests	Résultats	Observations
polyuronides		Ca: aucun changement (-)
		Jp: aucun changement (-)
		Jo: aucun changement (-)
Alcaloïdes		Ca: aucun changement (-)
		Jp: turbidité
		Jo: aucun changement (-)
Flavonoïdes		Ca: aucun changement (-)
		Jp: aucun changement (-)
		Jo: aucun changement (-)
Composés phénoliques		Ca: coloration bleue verdâtre
		Jp: coloration bleue verdâtre
		Jo: coloration bleue verdâtre

Annexes

Composés réducteurs		Ca: précipité rouge brique
		Jp: précipité rouge brique
		Jo: précipité rouge brique
Saponines		Ca: aucun changement (-)
		Jp: aucun changement (-)
		Jo: aucun changement (-)
Mucilages		Ca: aucun changement (-)
		Jp: aucun changement (-)
		Jo: aucun changement (-)
Terpenoïdes		Ca: brune rougeâtre
		Jp: brune rougeâtre
		Jo: brune rougeâtre
Tanins		Ca: coloration bleu-noir intense
		Jp: coloration bleu-noir intense
		Jo: coloration bleu-noir intense
Coumarines		Ca: apparition d'une fluorescence
		Jp: apparition d'une fluorescence
		Jo: apparition d'une fluorescence

Ca: *Cedrus atlantica*

Jp: *Juniperus phoenicia L.*

Jo: *Juniperus oxycedrus L.*

Abstract

Our study focused on determination of phytochemical constituents and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of hydro-ethanolic extracts from the leaves of three endemic plants collected from Khenchela region (*Juniperus oxycedrus L.*, *Juniperus phoenicea L.*, *Cedrus atlantica*). Phytochemical screening of the extracts obtained by maceration showed that they are rich in secondary metabolites such as phenolic compounds, reducing compounds, terpenoids, tannins and coumarins. Quantitative estimation of total polyphenols and flavonoids showed that *J. oxycedrus L.* extract had the highest levels of total phenols ($101.92 \pm 9.67 \mu\text{g GAE/mg}$) and flavonoids ($25.97 \pm 2.91 \mu\text{g QE/mg}$) compared to the other two extracts. Antioxidant activity was studied using the free radical scavenging (DPPH). The test showed that the highest percentage of inhibition was observed with *J. oxycedrus L.* extract (82.4%), while *C. atlantica* had the lowest inhibition percentage (66.72%). The antimicrobial activity of the three extracts was assessed against seven bacteria (*E. coli* ATCC 25922, *K. pneumoniae* ATCC 4352, *P. aeruginosa* ATCC 27853, clinical *E. coli*, clinical *Pseudomonas*, *B. cereus* ATCC 11778 and *S. aureus* ATCC 25923) and two fungal strains (*Aspergillus niger* and *Candida albicans*) by the agar diffusion method. The three extracts showed no activity against any of the tested microbial strains, with the exception of *J. oxycedrus L.* extract, which showed moderate activity against *B. cereus* strain, with inhibition zone of 10.5 mm and a MIC of 6.25 mg/ml.

Key words: Antimicrobial activity, antioxidant activity, phytochemical screening, *Juniperus oxycedrus L.*, *Juniperus phoenicea L.*, *Cedrus atlantica*.

المخلص

ركزت دراستنا على تحديد المكونات الكيميائية النباتية وتقييم النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للميكروبات للمستخلصات المائية-الإيثانولية من أوراق ثلاثة نباتات متوطنة تم جمعها من منطقة خنشلة (الععر الكادي، الععر الفينيقي، الأرز الأطلسي). أظهر الفحص الكيميائي النباتي للمستخلصات التي تم الحصول عليها عن طريق النقع أنها غنية بالمركبات الأيضية الثانوية مثل المركبات الفينولية والمركبات المختزلة والترينويدات والتينينات والكومارينات وأظهر التقدير الكمي للبوليفينول الكلي والفلافونويدات أن مستخلص الععر الكادي يحتوي على أعلى مستويات من الفينولات الكلية (101.92 ± 9.67 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك لكل ملليغرام من المستخلص) والفلافونويدات (25.97 ± 2.91 ميكروغرام مكافئ الكيرسيتين لكل ملليغرام من المستخلص) مقارنة بالمستخلصين الآخرين. تمت دراسة النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة اختزال الجذور الحرة. وأظهر الاختبار أن أعلى نسبة تثبيط لوحظت في مستخلص الععر الكادي (82.4%)، بينما كانت نسبة التثبيط الأقل في مستخلص نبات الأرز الأطلسي (66.72%). تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات الثلاثة على سبع بكتيريا (*E. coli* ATCC 25922، *K. pneumoniae* ATCC 4352، *P. aeruginosa* ATCC 27853، *E. coli* السريرية، *Pseudomonas* السريرية، *B. cereus* ATCC 11778، *S. aureus* ATCC 25923) وسلالتين من الفطريات (*Aspergillus niger* و *Candida albicans*) بطريقة الانتشار في الآجار. لم تظهر المستخلصات الثلاثة أي نشاط ضد أي من السلالات الميكروبية التي تم اختبارها، باستثناء مستخلص الععر الكادي الذي أظهر نشاطا معتدلا ضد سلالة *B. cereus*، حيث بلغت منطقة التثبيط 10.5 ملم و التركيز المثبط الأدنى 6.25 ملغم/ملم.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة، الفحص الكيميائي النباتي، الععر الكادي، الععر الفينيقي، الأرز الأطلسي.