الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Ref :……

Université El Moudjahid Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et pathologie moléculaire

Thème :

Caractérisation phytochimique et évaluation des activités biologiques *in vitro* de deux plantes médicinales originaires de la région de Mila : *Artemisia herba-alba* et *Ziziphus lotus*

Présenté par :

- **KETTAB Manar**
- **BOUDELAL Chaima**

Devant le jury :

TALHI Fahima	**MCA**	**Présidente**	**Université de Mila**
DJEBILI Samah	**MAA**	**Examinatrice**	**Université de Mila**
AISSOUS Imane	**MCB**	**Promotrice**	**Université de Mila**

Année Universitaire : 2025/2026


بسم الله الرحمن الرحيم



Remerciements

Avant tout, nous remercions ***Allah*** *le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.*

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Melle ***Aissous Imane,*** *notre directrice, pour la confiance qu'elle nous a accordée, sa disponibilité, sa patience, ses orientations précieuses ainsi que ses conseils judicieux. Son suivi rigoureux, son soutien constant et ses encouragements nous ont été d'une aide inestimable tout au long de la réalisation de ce mémoire. Nous lui adressons nos sincères remerciements et notre profond respect.*

Nous adressons également nos vifs remerciements aux membres du jury :

Mme/M. ***TALHI Fahima***

Mme/M. ***DJEBILI Samah***

qui nous font l'honneur d'examiner et d'évaluer ce travail. Nous leur sommes reconnaissantes pour le temps qu'ils consacrent à la lecture de ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques, suggestions et critiques constructives, qui contribueront à l'amélioration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à Mme ***Halima****, ingénieure de laboratoire de la faculté, pour son aide précieuse, sa disponibilité et son accompagnement durant la réalisation de la partie expérimentale.*

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement Mme ***Ibtissem Meghboun****, ingénieure et responsable de laboratoire au Centre de Recherche en Biotechnologie, pour son accueil, son professionnalisme, ses conseils avisés et les moyens mis à notre disposition pour mener à bien ce travail dans les meilleures conditions.*

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à nos ***familles****, à nos* ***amis*** *ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont soutenues et encouragées, de près ou de loin, tout au long de notre parcours universitaire.*

À toutes ces personnes, nous exprimons notre profonde reconnaissance et notre gratitude.



Dédicace

À ma mère bien-aimée Zahia,

Pour tout l'amour, les sacrifices et le soutien inconditionnel qu'elle m'a toujours offerts. Sans toi, ce parcours n'aurait jamais été possible. Je t'offre ce mémoire en signe de reconnaissance éternelle.

À mon père bien-aimé Sadek,

Que Dieu ait son âme. Même absent à mes côtés, tu demeures présent dans mon cœur et dans chacune de mes réussites. Puisse ce travail témoigner de ma profonde gratitude pour tout ce que tu as fait pour moi.

À Melle Aïssous Imane

Pour son encadrement précieux, ses conseils pertinents et sa disponibilité tout au long de ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

À mon cher frère Zakaria et à ma chère sœur Abir,

Pour leur soutien, leur amour et leurs encouragements constants. Vous avez été une source de motivation tout au long de mon parcours. Je vous dédie ce travail avec toute mon affection et ma gratitude.

À ma chère binôme et amie Manar,

Pour les moments de stress et de joie, le soutien mutuel et la belle complicité tout au long de ce travail. Merci d'avoir été présente à chaque étape avec ton calme, ton sérieux et surtout ton amitié précieuse. Ce mémoire n'aurait pas été le même sans toi.

À mes chères amies,

Pour leur présence, leur soutien et leur encouragement tout au long de mon parcours. Votre amitié a été une source de force et de motivation dans les moments difficiles comme dans les moments de joie. Merci pour tous les beaux souvenirs partagés.

Chaima

Dédicace



À ceux dont les prières ont été le refuge où je me suis abritée dans mes moments de faiblesse,
À ceux qui ont semé la force dans mon cœur, l'ont arrosée de patience et nourrie d'amour…

À ma mère, Eljemni Amel,

Merci pour ton amour, tes sacrifices, tes encouragements et tes prières qui m'ont toujours accompagnée. Ta présence et ton soutien ont été ma plus grande force tout au long de ce parcours. Cette réussite est aussi la tienne. Avec tout mon amour et ma profonde gratitude.

À mon père, Taher,

Merci pour ton soutien, tes conseils et les valeurs que tu m'as transmises. Ta confiance en moi a toujours été une source de motivation. Je te dédie ce travail avec respect et affection.

À Melle Aïssous Imane,

En signe de respect et de reconnaissance pour votre accompagnement et vos précieux conseils tout au long de ce travail.

À mes chères sœurs, Marwa et Selssabil, à ma belle-sœur Rania,

Pour votre affection, votre présence à mes côtés, vos encouragements et tous les moments partagés. Merci d'avoir cru en moi, de m'avoir soutenue dans les moments difficiles et d'avoir contribué à rendre ce parcours plus agréable.

À mes chers frères, Oussama et Adem,

Pour votre soutien, votre bienveillance et votre présence rassurante. Vous avez toujours été une source de motivation et de réconfort. Recevez à travers ces quelques lignes toute mon affection, mon respect et ma gratitude.

À mes petites princesses, Sidra, Aryem et Ania,

Votre innocence, votre joie et vos sourires illuminent mes journées. Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et vous souhaite un avenir rempli de bonheur, de réussite et de beaux rêves.

À ma chère binôme, Chaima,

Merci pour ta collaboration, ton soutien et tous les moments partagés durant ce parcours. Je te souhaite beaucoup de réussite et de bonheur. Avec toute mon estime et mon amitié.

À mes amis,

Merci pour votre soutien, vos encouragements et votre présence tout au long de ce parcours. Votre affection a été une source de motivation et de force. Avec toute ma gratitude.

Manar

Résumé

Dans le cadre de la recherche de nouvelles sources naturelles de composés bioactifs, le présent travail porte sur l'étude phytochimique et l'évaluation des activités biologiques d'Artemisia *herba-alba* et de *Ziziphus lotus,* deux plantes médicinales reconnues pour leur intérêt thérapeutique. Les parties végétales sélectionnées ont été soumises à une extraction hydroéthanolique suivie d'un fractionnement par solvants, notamment l'acétate d'éthyle. Un screening phytochimique qualitatif a permis d'identifier les principales familles de métabolites secondaires, tandis qu'une analyse quantitative a été réalisée pour le dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des flavonols. Les résultats ont révélé une richesse importante en composés phénoliques, avec une teneur maximale observée dans la fraction à l'acétate d'éthyle (AcOEt) d'*Artemisia herba-alba* (554,88 ± 2,84 µg EAG/mg d'extrait). L'évaluation de l'activité antioxydante, réalisée par les tests DPPH, ABTS, FRAP et phénanthroline, a montré un potentiel réducteur et antiradicalaire significatif, particulièrement pour *Artemisia herba-alba* dans le test ABTS. Par ailleurs, les activités biologiques ont également été explorées à travers des tests anti-inflammatoire (inhibition de la dénaturation de la BSA), antimicrobien, ainsi que des tests enzymatiques basés sur l'inhibition de l'α-amylase et de la butyrylcholinestérase, afin d'évaluer respectivement les potentiels antidiabétique et anticholinestérasique des extraits. Les résultats ont mis en évidence une activité intéressante, notamment pour l'extrait AcOEt de *Ziziphus lotus* dans le test antidiabétique, ainsi que pour l'extrait hydroéthanolique (HE) d'*Artemisia herba-alba* dans l'inhibition de la butyrylcholinestérase. Par ailleurs, une activité anti-inflammatoire notable a été observée pour les fractions à l'acétate d'éthyle des deux espèces. L'activité antimicrobienne a également montré une efficacité contre plusieurs souches bactériennes Gram positives *(Bacillus subtilis et Staphylococcus aureus)*, ainsi qu'une activité antifongique contre *Fusarium sp*. En conclusion, les deux espèces présentent un fort potentiel bioactif grâce à leur richesse en composés phénoliques, associés à diverses activités biologiques, ce qui souligne leur intérêt pour de futures applications pharmacologique.

Mots clés : *Artemisia herba-alba* ; *Ziziphus lotus* ; composés phénoliques ; activité antioxydante ; activité antimicrobienne ; activité anti-inflammatoire ; activité enzymatique ; activité antidiabétique ; butyrylcholinestérase.

Abstract

In the context of the search for new natural sources of bioactive compounds, this study focuses on the phytochemical investigation and biological activity evaluation of *Artemisia herba-alba* and *Ziziphus lotus*, two medicinal plants well known for their therapeutic relevance. The selected plant materials were subjected to hydroethanolic extraction followed by solvent fractionation, particularly with ethyl acetate. A qualitative phytochemical screening was performed to identify the main classes of secondary metabolites, while a quantitative analysis was conducted to determine total polyphenols, flavonoids, and flavonols. The results revealed a high richness in phenolic compounds, with the highest content observed in the ethyl acetate fraction (AcOEt) of *Artemisia herba-alba* (554.88 ± 2.84 µg GAE/mg of extract). The antioxidant activity, assessed using DPPH, ABTS, FRAP, and phenanthroline assays, demonstrated significant radical scavenging and reducing potential, particularly for *Artemisia herba-alba* in the ABTS assay. In addition, biological activities were investigated through anti-inflammatory tests (inhibition of BSA denaturation), antimicrobial assays, and enzymatic tests based on the inhibition of α-amylase and butyrylcholinesterase, in order to evaluate antidiabetic and anticholinesterase potentials, respectively. The results highlighted notable activity, particularly for the ethyl acetate fraction of *Ziziphus lotus* in the antidiabetic assay, as well as for the hydroethanolic extract (HE) of *Artemisia herba-alba* in butyrylcholinesterase inhibition. A marked anti-inflammatory activity was also observed for the ethyl acetate fractions of both species. The antimicrobial activity showed effectiveness against several Gram-positive bacterial strains (*Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*), as well as antifungal activity against *Fusarium sp.* In conclusion, both species exhibit strong bioactive potential due to their richness in phenolic compounds and associated biological activities, supporting their future pharmacological applications.

Keywords: *Artemisia herba-alba*; *Ziziphus lotus*; phenolic compounds; antioxidant activity; antimicrobial activity; anti-inflammatory activity; enzymatic activity; antidiabetic activity; butyrylcholinesterase.

الملخص

في إطار البحث عن مصادر طبيعية جديدة للمركبات النشطة بيولوجيًا، يرتكز هذا العمل على دراسة وتقييم الخصائص الكيميائية النباتية لنباتي الشيح الأبيض *(Artemisia herba-alba)* والسدر *(Ziziphus lotus)* ، وهما نبتتان طبيتان معروفتان بفوائدهما العلاجية. خضعت أجزاء مختارة من النبتتين لعملية استخلاص كحولي مائي، تلتها عملية تجزئة باستخدام مذيبات مختلفة، ولا سيما أسيتات الإيثيل. كشف الفحص الكيميائي النباتي النوعي عن المجموعات الرئيسية من المستقلبات الثانوية، بينما أُجري تحليل كمي لتحديد إجمالي للبوليفينولات والفلافونويدات والفلافونولات. أسفرت النتائج عن تركيزًا عاليًا للمركبات الفينولية، حيث سُجلت أعلى المستويات في جزء أسيتات الإيثيل (AcOEt) من الشيح الأبيض (2.84 ± 554.88 ميكروغرام مكافئ ملغ حمض الغاليك من المستخلص). كما أظهر تقييم النشاط المضاد للأكسدة، باستخدام اختبارات DPPH ABTS و FRAP و الفينانثرولين، قدرةً ملحوظةً على الاختزال وإزالة الجذور الحرة، لا سيما لنبات الشيح الأبيض في اختبار ABTS . علاوةً على ذلك، تم تقييم الأنشطة البيولوجية من خلال اختبارات المضادة للالتهاب (تثبيط تمسخ بروتين مصل الألبومين البقري)، المضادة للميكروبات، والإنزيمية التي تعتمد على تثبيط إنزيم ألفاأميليز وإنزيم بوتيريل كولين استراز، لتقييم فعالية المستخلصات في خفض مستوى السكر في الدم وتثبيط إنزيم الكولين استراز، على التوالي. أبرزت النتائج نشاطًا واعدًا لمستخلص أسيتات الإيثيل من نبات السدر في اختبار خفض مستوى السكر في الدم، مقارنة بمستخلص الإيثانول المائي من نبات الشيح الأبيض الذي اثبت هو الأخر نشاطًا ملحوظا في تثبيط إنزيم بوتيريل كولين استراز. من جهة أخرى، تم الكشف عن نشاطا قيما مضادا للالتهاب في مستخلصات أسيتات الإيثيل لكلا النبتتين. بينما أظهر النشاط المضاد للميكروبات فعالية ضد العديد من سلالات البكتيريا موجبة الجرام (مثل العصوية الرقيقة والمكورات العنقودية الذهبية)، ونشاط مضاد للفطريات كفطر الفيوزاريوم. ختامًا، يتمتع كلا النوعين من النبات بإمكانات حيوية قوية نظرًا لغناهما بالمركبات الفينولية، المرتبطة بأنشطة بيولوجية متنوعة، مما يُبرز أهميتهما في التطبيقات الدوائية المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: الشيح الأبيض *(Artemisia herba-alba)* ؛ السدر *(Ziziphus lotus)* ؛ المركبات الفينولية ؛ النشاط المضاد للأكسدة؛ النشاط المضاد للميكروبات؛ النشاط المضاد للالتهابات؛ النشاط الإنزيمي؛ النشاط المضاد لداء السكري؛ بوتيريل كولين استراز.

Table des matières

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction **1**

Première partie : Synthèse bibliographique

I. Fondements Phytochimiques Des Plantes Médicinales

I.1. Les plantes médicinales 3

I.1.1. Définition 3

I.1.2. Classification des plantes médicinales 3

I.1.3. Phytothérapie et usages médicinaux 4

I.2. Phytoconstituants des plantes médicinales 4

I.2.1. Généralités sur Métabolites secondaires 4

I.2.2. Composés phénoliques 4

I.2.2.1. Classification des composés phénoliques 5

I.2.3. Les saponines 8

I.2.4. Les alcaloïdes 9

I.2.5. Les terpènoïdes 9

II. Activités Biologiques Des Plantes Médicinales

II.1. Activité antioxydante 10

II.1.1. Stress oxydatif et espèces réactives de l'oxygène 10

II.1.2. Conséquences biologiques du stress oxydant 10

II.1.3. Mécanismes d'action antioxydant des composés végétaux 10

II.2. Activité anti inflammatoire 11

II.2.1. Physiopathologie de l'inflammation.....11
II.2.2. Classification des anti-inflammatoires.....11
II.2.3. Principe du test de dénaturation des protéines.....12
II.2.4. Contribution des phytoconstituants à l'activité anti-inflammatoire.....12
II.3. Activités enzymatiques et intérêt thérapeutique.....13
II.3.1. Généralités sur les enzymes.....13
II.3.2. Importance pharmacologique des inhibiteurs enzymatiques d'origine naturels.....13
II.3.2.1. Activité antidiabétique.....13
II.3.2.2. Activité anticholinesterase.....13
II.4. Activité antibactérienne.....14
II.4.1. Généralité sur les microorganismes.....14
II.4.2. Résistance aux antibiotiques.....14
II.4.3. Mécanismes d'action antimicrobienne des plantes médicinales.....15
II.5. Autres activités biologiques des plantes médicinales.....16
III. Profil botanique et Phytochimique Des Plantes Etudiées
III.1. *Artemisia herba-alba*.....17
III.1.1. Origine et historique.....17
III.1.2. Taxonomie.....17
III.1.3. Description morphologique.....17
III.1.4. Répartition géographique.....18
III.1.5. Composition phytochimique.....18
III.1.6. Usages traditionnels.....19
III.1.7. Activités pharmacologiques rapportées.....19
III.2. *Ziziphus lotus*.....20
III.2.1. Origine et historique.....20

III.2.2. Taxonomie 20
III.2.3. Description morphologique 20
III.2.4. Répartition géographique 21
III.2.5. Composition phytochimique 22
III.2.6. Usages traditionnels 22
III.2.7. Activités pharmacologiques rapportées 22

Deuxième partie : Étude expérimentale

I. Matériels et Méthodes

I.1. Matériel végétal 23
I.2. Préparation des extraits 24
I.3. Étude phyto-chimique 26
I.3.1. Analyse qualitative (Screening phytochimique) 26
I.3.2. Analyse Quantitative 27
I.3.2.1. Détermination de la teneur totale en phénols 27
I.3.2.2. Détermination de la teneur totale en flavonoïdes 28
I.3.2.3. Détermination de la teneur totale en flavonols 28
I.4. Évaluation des activités biologiques 28
I.4.1. Évaluation de l'activité antioxydante 28
I.4.1.1. Effet anti-radicalaire par le test au $DPPH^{\bullet+}$ 28
I.4.1.2. Essai de décoloration du radical cation $ABTS^{\bullet+}$ 29
I.4.1.3. Activité du pouvoir réducteur (FRAP) 30
I.4.1.4. Test à la phénanthroline 31
I.4.2. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire *(in vitro)* 32
I.4.3. Évaluation de l'activité enzymatique 32
I.4.3.1. Activité antidiabétique (inhibition de l'α-amylase) 32

I.4.3.2. Activité anticholinesterase (Inhibition de l'enzyme butyrylcholinestérase) 33

I.4.4. Évaluation d'activité antimicrobienne 34

I.5. Analyse statistique 35

II. Résultats et Discussion

II.1. Détermination du rendement d'extraction 36

II.2. Étude phyto-chimique.....37

II.2.1. Analyse qualitative 37

II.2.2. Analyse quantitative 40

II.2.2.1. Détermination des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols 40

II.3. Les activités biologiques des deux plantes 42

II.3.1. Activité antioxydante.....42

II.3.1.1. Effet anti-radicalaire par le test au DPPH• ……..42

II.3.1.2. Activité de piégeage du radical cation ABTS•+ ……..43

II.3.1.3. Activité du pouvoir réducteur (FRAP) ……44

II.3.1.4. Activité de réduction par la formation du complexe Fe+2-phénantroline……..……..45

II.3.2. Activité Anti-inflammatoire (*in vitro*).....46

II.3.3. Activité enzymatique.....47

II.3.3.1. Activité antidiabétique (inhibition de l'α-amylase) ……47

II.3.3.2. Activité anticholinesterase (Inhibition de l'enzyme butyrylcholinestérase)……48

II.3.4. Activité Antimicrobienne 49

Conclusion et Perspectives.....**53**

Références Bibliographiques **54**

Annexes

Liste des abréviations

- **ABTS:** 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid.
- **ACh** : Acétylcholine.
- **AChE** : AcétylCholineEstérase.
- **ARN :** Acide Ribonucléique.
- **BChE** : ButyrylCholineEstérase.
- **BHA:** Butylated hydroxyanisole.
- **BHT:** Butylated hydroxytoluene.
- **CH_3CO_2Na** : Acétate de sodium.
- **$CHCl_3$** : Chloroforme.
- **COX :** Cyclo-oxygénase.
- **DMSO** : Dimethylsulfoxide.
- **DPPH° :** 2,2-diphényl-2-picryl-hydrazyle.
- **ERO** : Espèces Réactives de l'Oxygène.
- **EtOH** : Éthanol.
- **Ext AcOEt :** Extrait à l'acétate d'éthyle.
- **Ext HE :** Extrait hydroéthanolique.
- **$FeCl_3$** : Chlorure de fer (III).
- **Folin–Ciocalteu** : Réactif de dosage des polyphénols.
- **FRAP :** Pouvoir Antioxydant de Réduction du Fer Ferrique.
- **GAE :** Gallic Acid Equivalent.
- **H_2SO_4** : Acide sulfurique.
- **HCl** : Acide chlorhydrique.
- **Hex** : Hexane.
- **IC_{50}:** Concentration inhibitrice à 50%.
- **IKI** : Test à l'iode (amidon).
- ***In vitro*** : Étude réalisée en dehors d'un organisme vivant, généralement en laboratoire.
- ***In vivo*** : Étude réalisée sur un organisme vivant.
- **$K_2S_2O_8$** : Persulfate de potassium.
- **$K_3Fe(CN)_6$** : Ferricyanure de potassium.
- **KOH** : Hydroxyde de potassium.

- **LC-MS:** Liquid-chromatography mass spectrometry.
- **Na_2CO_3** : Carbonate de sodium.
- **Na_2HPO_4 $2H_2O$** : Phosphate disodique déshydraté.
- **NaH_2PO_4** : Phosphate monosodique.
- **$NaHCO_3$** : Bicarbonate de sodium.
- **NaOH** : Hydroxyde de sodium.
- **OMS :** Organisation Mondiale de la Santé.
- **PM** : Plantes Médicinales.
- **QE :** Quercétine équivalente.
- **R^2 :** Coefficient de détermination.
- **TCA** : Tricholor-Acetic-Acid.

Liste des figures

Figure 1 :	Les plantes médicinales**.**	**3**
Figure 2 :	Classification des polyphénols.	**5**
Figure 3 :	Structure chimique des tanins hyddrolysables.	**7**
Figure 4 :	Propriétés pharmacologiques des tanins condensés.	**8**
Figure 5 :	Structure de la saponine.	**8**
Figure 6 :	Propriétés pharmacologiques des alcaloïdes.	**9**
Figure 7 :	Classification et structures des terpènes les plus courants.	**9**
Figure 8 :	Schéma récapitulatif des mécanismes d'action des différents types d'antioxydants.	**11**
Figure 9 :	Les phytoconstituants et l'activité anti-inflammatoire des plantes médicinales.	**12**
Figure 10 :	Modes d'action antibactériens des plantes médicinales.	**15**
Figure 11 :	Les principales activités biologiques des plantes médicinales.	**16**
Figure 12 :	*Artemisia herba -Alba*.	**17**
Figure 13 :	Répartition géographique d'*Artemisia herba-alba* en Algérie.	**18**
Figure 14 :	*Zizyphus lotus (L.).*	**20**
Figure 15 :	*Zizyphus lotus* (arbre et feuilles).	**21**
Figure 16 :	Répartition mondiale des Rhamnaceae et de *Ziziphus lotus* en Algérie.	**21**
Figure 17 :	Cadre de réalisation les travaux expérimentaux**.**	**23**
Figure 18 :	Étapes de préparation du matériel végétal en poudre**.**	**24**
Figure 19 :	Illustration des principales étapes expérimentales : préparation des extraits bruts, fractionnement et analyses biologiques réalisées.	**25**
Figure 20 :	DPPH et sa forme réduite.	**28**
Figure 21 :	Formation radicale ABTS.	**29**
Figure 22 :	La réaction de test FRAP.	**30**
Figure 23 :	Formation du complexe Fe^{2+}– phénanthroline.	**31**
Figure 24 :	Différents tests d'évaluation de l'activité antioxydante.	**31**

Figure 25 :	Protocole expérimental du test anti-inflammatoire.	**32**
Figure 26 :	Principe de la méthode d'Ellman.	**33**
Figure 27 :	Différents tests d'évaluation de l'activité enzymatique des deux plantes.	**34**
Figure 28 :	Protocole de l'activité microbienne des deux extraits.	**35**
Figure 29 :	Rendement des extraits hydroéthanolique et ethyle acétate.	**36**
Figure 30 :	Comparaison des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols des différents extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz).	**40**
Figure 31 :	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par les différents extraits d*'Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz) en fonction de la concentration. Les résultats sont exprimés en moyenne ± SD (n = 3).	**42**
Figure 32 :	Pourcentage d'inhibition du radical ABTS•+ par les extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz) en fonction de la concentration. Les résultats sont exprimés en moyenne ± SD (n = 3).	**43**
Figure 33 :	Activité réductrice (FRAP) des différents extraits.	**44**
Figure 34 :	Activité de réduction du complexe Fe^{2+}-phénanthroline des différents extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz)	**45**
Figure 35 :	Activité inhibitrice des déférents extraits des deux plantes sur la dénaturation de la BSA, exprimée en pourcentage d'inhibition	**46**
Figure 36 :	Pourcentage d'inhibition de l'α-amylase des extraits de *Artemisia herba-alba* (Art) et *Ziziphus lotus* (Ziz).	**47**
Figure 37 :	Pourcentage d'inhibition de l'activité butyrylcholinestérase des extraits de *Artemisia herba-alba* (Art) et *Ziziphus lotus* (Ziz).	**48**
Figure 38 :	Photos originales représentatives des zones d'inhibition obtenues par les extraits d'*Artemisia herba-alba* par la méthode de diffusion sur gélose vis-à-vis les souches testées.	**50**
Figure 39 :	Photos originales représentatives des zones d'inhibition obtenues par les extraits de *Zizyphus lotus* par la méthode de diffusion sur gélose vis-à-vis les souches testées.	**52**

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Différentes structures des flavonoïdes.	**6**
Tableau 2 :	Différentes structures des acides phénoliques.	**7**
Tableau 3 :	Classification de la plante d'*Artemisia Herba-alba.*	**17**
Tableau 4 :	Classification de *Ziziphus lotus* (*L.*).	**20**
Tableau 5 :	Résultats du criblage phytochimique des extraits des deux plantes.	**37**
Tableau 6 :	Teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols des déférents extraits.	**41**
Tableau 7 :	Activité antimicrobienne des extraits d'*Artemisia herba-alba.*	**49**
Tableau 8 :	Activité antimicrobienne des extraits de *Ziziphus lotus*.	**51**

Introduction

Introduction

Au cours de l'histoire humaine, les populations ont constamment exploité les ressources naturelles disponibles dans leur environnement afin de répondre à leurs besoins essentiels, notamment l'alimentation, la protection et le traitement des maladies. Cette interaction étroite avec la nature a progressivement conduit au développement de connaissances empiriques autour des plantes médicinales et de leurs usages thérapeutiques **(Latif et Nawaz, 2025)**. Ces pratiques traditionnelles ont constitué la base de nombreux systèmes de médecine et ont contribué à l'émergence de disciplines spécialisées, telles que l'herboristerie médicinale, participant ainsi à l'évolution des approches thérapeutiques **(Maldonado Miranda, 2021)**.

Les espèces végétales médicinales sont reconnues pour leur capacité à produire une grande diversité de composés bioactifs **(Rao et *al*., 2020)**, qui représentent une source importante de molécules à potentiel pharmacologique **(Marrelli, 2021)**. Dans ce contexte, la garantie de la qualité, de l'efficacité et de l'innocuité de ces ressources naturelles constitue un enjeu majeur pour la santé publique, tant dans les pays développés que dans les pays en développement **(El-Saadony et *al*., 2025)**.

Ces composés bioactifs correspondent principalement à des métabolites secondaires, tels que les alcaloïdes, les stéroïdes, les tanins, les composés phénoliques et les flavonoïdes, reconnus pour leurs propriétés biologiques et thérapeutiques **(Latif et Nawaz, 2025)**. De nombreuses recherches ont démontré que ces métabolites représentent une source privilégiée pour le développement de nouveaux médicaments, en raison de leur diversité structurale et de leur spécificité d'action biologique **(Leicach et Chludil, 2014)**. Ils présentent un large éventail d'activités, notamment antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires, anticancéreuses, antiparasitaires et immunomodulatrices **(Vaishnav et Demain, 2011)**.

L'Algérie possède un patrimoine végétal riche et diversifié, comprenant plus de 3000 espèces végétales, parmi lesquelles figure un grand nombre de plantes médicinales largement utilisées en phytothérapie ainsi que dans diverses pratiques traditionnelles et artisanales **(Merradi et *al*., 2021)**.

Parmi ces espèces, *Ziziphus lotus* occupe une place importante en médecine traditionnelle, où elle est utilisée pour le traitement et le soulagement de plusieurs troubles de santé. Ses extraits présentent de nombreuses activités biologiques, notamment antioxydantes, antimicrobiennes,

hépatoprotectrices, néphroprotectrices, anti-inflammatoires et antiprolifératives **(Bencheikh et *al*., 2023)**. Ils contribuent également à l'amélioration du profil lipidique, à la régulation de la glycémie et à la modulation des marqueurs inflammatoires **(Alla et *al*., 2025)**.

De même, *Artemisia herba-alba* est une plante médicinale largement utilisée, dont l'intérêt thérapeutique repose sur sa richesse en composés phytochimiques, notamment les huiles essentielles, les sesquiterpènes, les lactones, les flavonoïdes, les acides phénoliques, les coumarines et les stérols **(Abduali et *al*., 2026)**.

Dans ce contexte, la valorisation des ressources végétales locales suscite un intérêt croissant dans la recherche scientifique, notamment à travers le criblage phytochimique, une méthode qualitative basée sur des réactions de coloration et de précipitation à l'aide de réactifs spécifiques, permettant de mettre en évidence les principaux constituants chimiques des plantes médicinales **(Boudjema et *al*., 2022)**.

Le présent travail vise à l'étude des profils phytochimiques et les activités biologiques de *Artemisia herba-alba* et *Ziziphus lotus*. À cet effet, les objectifs suivants ont été retenus :

- ✓ Réalisation un criblage phytochimique qualitative et quantitative des deux espèces végétales afin de mettre en évidence leurs principaux constituants chimiques.
- ✓ Évaluation les activités biologiques des extraits obtenus à partir d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus.*
- ✓ Contribution à la valorisation du patrimoine végétal de la région de Mila et à l'exploration de son potentiel thérapeutique.

Première Partie : Synthèse bibliographique

- *Fondements phytochimiques des plantes médicinales*
- *Activités biologiques des plantes médicinales*
- *Profil botanique et phytochimique des plantes étudiées*

I. Fondements phytochimiques des plantes médicinales

I.1. Les plantes médicinales

I.1.1. Définition

Une plante médicinale est définie comme une plante entière ou l'une de ses parties utilisées sous forme de drogue végétale et présentant des propriétés thérapeutiques. La drogue végétale désigne une matière d'origine naturelle utilisée à l'état frais ou après séchage **(Sofowora, 2010).**

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les plantes médicinales sont des plantes qui contiennent des substances actives pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou comme sources de précurseurs pour la synthèse de molécules pharmaceutiques **(WHO, 2013)**.



Figure 1 : Les plantes médicinales **(Kacimi et al., 2024).**

I.1.2. Classification des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont classées en différents groupes selon des caractéristiques communes ou des critères similaires, afin de faciliter leur identification et leur étude. Ces classifications reposent principalement sur trois approches :

- **Classification morphologique** : basée sur la partie utilisée de la plante (feuilles, fleurs, fruits, graines, écorce ou parties souterraines).
- **Classification physiologique ou thérapeutique :** repose sur les effets médicinaux et pharmacologiques des plantes, tels que les propriétés laxatives, antalgiques ou stimulantes.
- **Classification commerciale :** dépend des domaines d'utilisation des plantes médicinales dans les secteurs pharmaceutique, alimentaire, cosmétique et industriel **(Boukherouba et *al.*, 2022)**.

I.1.3. Phytothérapie et usages médicinaux

La phytothérapie est une discipline thérapeutique qui utilise les plantes ou leurs préparations pour prévenir et traiter certains troubles fonctionnels ou pathologies. Elle s'inscrit dans une approche allopathique et peut être administrée par voie orale ou externe **(Bruneton, 1999 ; Wichtl et Anton, 2003)**. On distingue principalement deux types de phytothérapie :

- **Phytothérapie traditionnelle :** repose sur l'usage empirique des plantes médicinales, fondé sur des savoirs anciens et l'observation de leurs effets. Elle vise principalement le traitement symptomatique de diverses affections, allant des troubles bénins aux pathologies digestives, cutanées, hépatobiliaires ou psychosomatiques légères **(Prescrire, 2007)**.
- **Phytothérapie clinique :** repose sur une approche globale du patient et de son environnement, nécessitant un examen clinique complet. Elle s'inscrit dans une prise en charge à long terme et agit notamment sur le système neuro-végétatif. La phytothérapie clinique est utilisée en complément des traitements allopathiques afin d'en améliorer ou renforcer l'efficacité dans certaines pathologies **(Moreau, 2003).**

I.2. Phytoconstituants des plantes médicinales

I.2.1. Généralités sur Métabolites secondaires

Les plantes médicinales contiennent plusieurs familles de composés chimiques regroupés sous le terme de phytoconstituants, responsables de leurs activités biologiques et thérapeutiques. Les métabolites secondaires végétaux sont des composés synthétisés par les plantes, impliqués principalement dans les mécanismes de défense contre les prédateurs, les interactions avec d'autres organismes et divers processus écologiques **(Mansour, 2009).** Ils présentent des structures chimiques complexes et variées, leur conférant une grande stabilité **(Le Pogam et *al.*, 2015).**

I.2.2. Composés phénoliques

Les polyphénols sont des métabolites secondaires végétaux largement répandus dans la nature et reconnus pour leurs propriétés antioxydantes **(Menat, 2006).** Ils participent activement à la défense des plantes contre les agressions environnementales et figurent parmi les métabolites secondaires les plus abondants du règne végétal **(Edeas, 2007 ; Ba et *al.*, 2010).** Ils sont également impliqués dans la pigmentation des fleurs et des fruits, notamment les teintes.

Les polyphénols regroupent plus de 8000 composés chimiques partageant une structure caractérisée par un ou plusieurs cycles aromatiques portant des groupements hydroxyles (OH) **(Hennebelle et *al.*, 2004).**

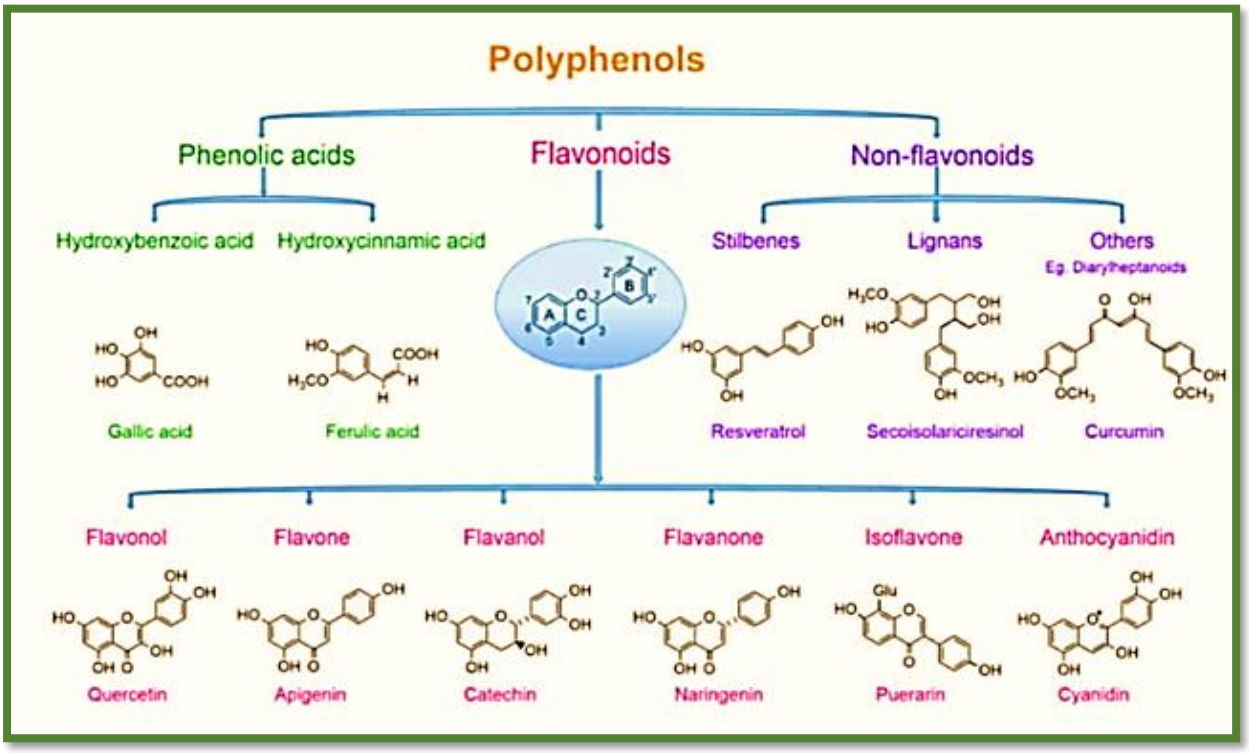


Figure 2: Classification des polyphénols **(Rambaran, 2020)**.

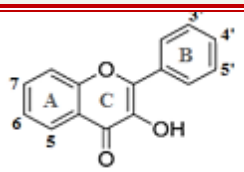
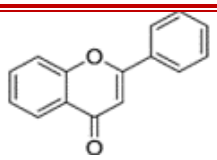
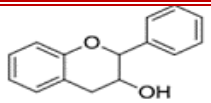
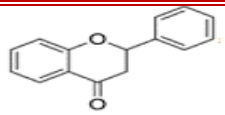
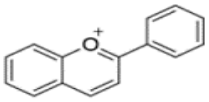
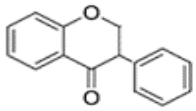
I.2.2.1. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques présentent une grande diversité structurale, allant de simples noyaux aromatiques de faible poids moléculaire à des structures complexes telles que les tanins de haut poids moléculaire. Leur classification repose principalement sur la nature du squelette carboné, le nombre d'atomes de carbone et l'organisation de la chaîne aliphatique associée au noyau benzénique **(Chira et *al.*, 2008).** Ces composés peuvent également exister sous forme libre ou conjuguée à des sucres ou à des acides organiques dans les végétaux. De manière générale, ils sont classés en deux grandes familles **(Pincemail et *al.*, 2007)**.

1) Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques de 15 atomes de carbone, caractérisés par une structure de type C6–C3–C6, formée de deux noyaux aromatiques reliés par une chaîne de trois atomes de carbone. Ils comprennent plusieurs sous-classes, notamment les ***flavonols***, ***flavones, flavanones, flavan-3-ols, anthocyanidines et isoflavones*** **(Collin et Crouzet, 2011).**

Tableau 1 : Différentes structures des flavonoïdes **(Bruneton, 2009).**

Classes	Structures chimiques	3'	4'	5'	Exemples
Flavonols		H	OH	H	**Kaempférol**
		OH	OH	H	**Quercétine**
		OH	OH	OH	**Myrecétine**
Flavones		H	OH	H	**Apigénine**
		OH	OH	H	**Lutéoline**
		OH	OCH_3	H	**Diosmétine**
Flavan-3-ols		OH	OH	H	**Catéchine**
Flavanones		HO	HO	H	**Pinocembrine**
Anthocyanidines		H	OH	H	**Naringénine**
		OH	OH	H	**Eriodictyol**
Isoflavones		5	7	4‘	**Génistéine**
		OH	OH	OH	**Génistine**
		H	O-Glu	OH	**Daidézeine**

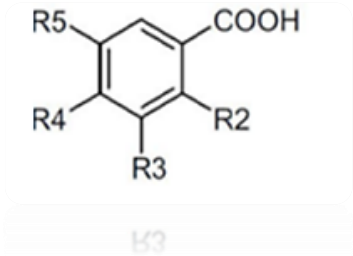
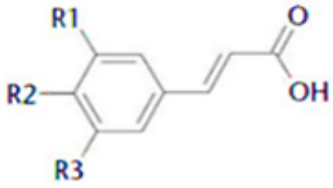
2) Les composés phénoliques non flavonoïdes

a) Les acides phénoliques

Les acides phénoliques constituent une importante classe de composés non-flavonoïdes. Ils sont principalement répartis en deux groupes :

- ✓ **Les acides hydroxybenzoïques :** caractérisés par une structure de type C6–C1 constituée d’un noyau benzénique lié à une chaîne comportant un seul atome de carbone.
- ✓ **Les acides hydroxycinnamiques :** possédant une structure de type C6–C3 formée d’un noyau benzénique associé à une chaîne aliphatique de trois atomes de carbone portant un ou plusieurs groupements hydroxyles **(Chira et *al*., 2008)**.

Tableau 2 : Différentes structures des acides phénoliques **(Laguerre et *al.*, 2007)**.

Classes	Structures chimiques	R2	R3	R4	Exemples
Acides hydroxybenzoïques		OCH_3	OH	H	A. vanillique
		H	H	H	A. salicylique
		H	H	OH	A. gentisique
Acides hydroxycinnamiques		OH	OH	H	A. caféique
		OCH_3	OH	H	A. férulique

b) Les tanins

Les tanins sont des composés phénoliques végétaux caractérisés par leur capacité à se lier aux protéines. Ils participent à la défense des plantes et présentent diverses activités biologiques **(Zayed et *al.*, 2025)**, Ils sont classés en :

- **Tanins hydrolysables :** composés d'un noyau glucidique lié à des acides gallique ou ellagique, les tanins hydrolysables possèdent des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes **(Das et *al.*,2020)**.

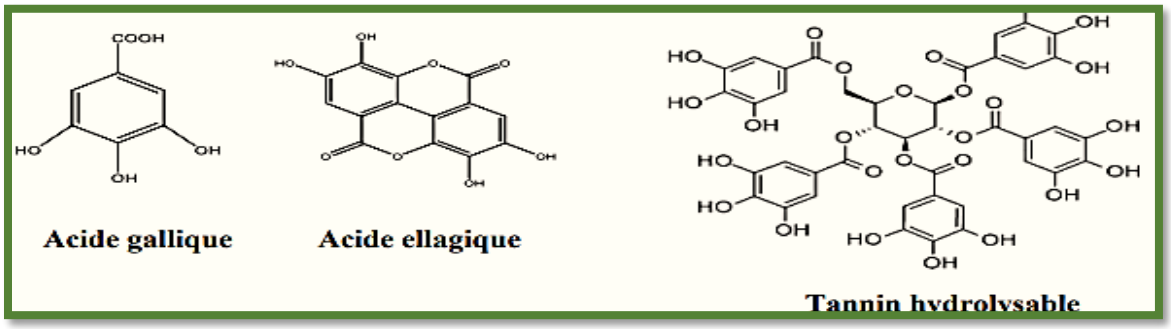


Figure 3 : Structure chimique des tanins hyddrolysables **(Peronny, 2005).**

- **Tanins condensés (proanthocyanidines)** : sont des polymères de flavan-3-ols, reconnus pour leurs activités antioxydantes et anti-inflammatoires **(Hussain et *al.*,2019)**.
- **Tanins complexes :** résultent de l'association d'un tanin hydrolysable et d'un flavonoïde. Moins répandus, ils combinent les propriétés des deux groupes précédents **(Ojo, 2022)**.

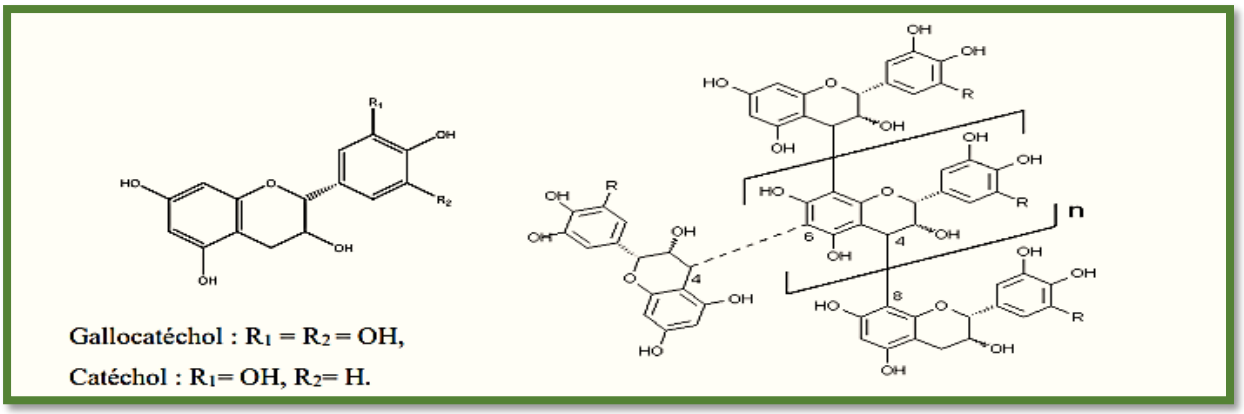


Figure 4 : Propriétés pharmacologiques des tanins condensés **(Schofield et *al.*, 2001)**.

c) Les lignines

Les lignines sont des polymères phénoliques issus de la polymérisation de trois monolignols : l'alcool p-coumarylique, l'alcool conifé-rylique et l'alcool sinapylique. Elles constituent l'un des principaux composants de la paroi cellulaire végétale **(Luo et *al.*, 2018)**.

d) Les coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques naturels de structure benzopyrène. Elles participent à la protection des plantes contre les stress biotiques et abiotiques et présentent diverses activités biologiques d'intérêt pharmacologique **(Venugopala et *al.*, 2013)**.

I.2.3. Les saponines

Les saponines sont des métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal, connus pour leurs propriétés tensioactives, expectorantes et diurétiques **(Guelailia et Belabid, 2021)**, elles participent aussi à la défense des plantes. Structurale-ment, les saponines se divisent en les ***saponines stéroïdiques*** et les ***saponines triterpéniques*** **(Manase, 2013).**

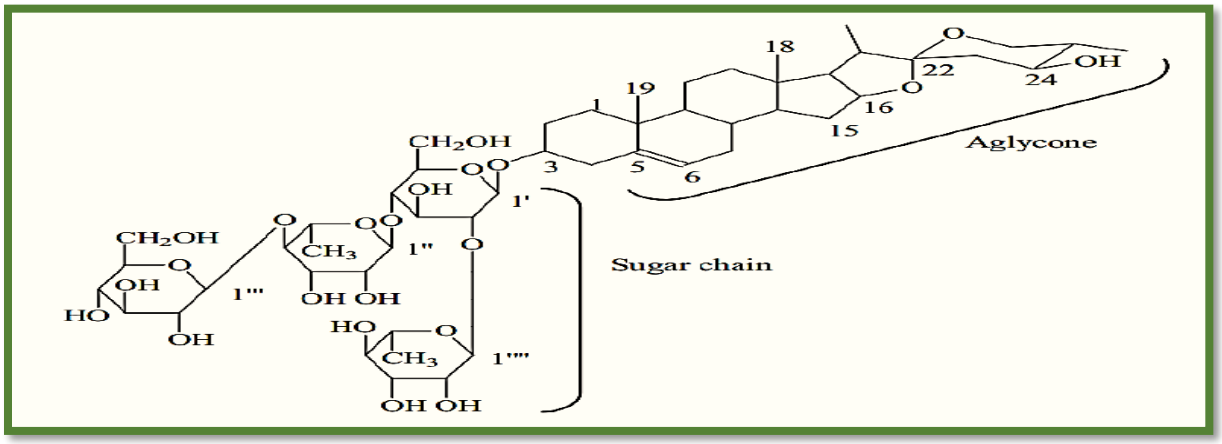


Figure 5: Structure de la saponine **(Moghimipour et Handali, 2015)**.

I.2.4. Les alcaloïdes

Sont des métabolites secondaires azotés d'origine naturelle. Leur diversité structurale leur confère un large éventail d'activités biologiques et pharmacologiques **(Bhambhani et *al*., 2021)**.

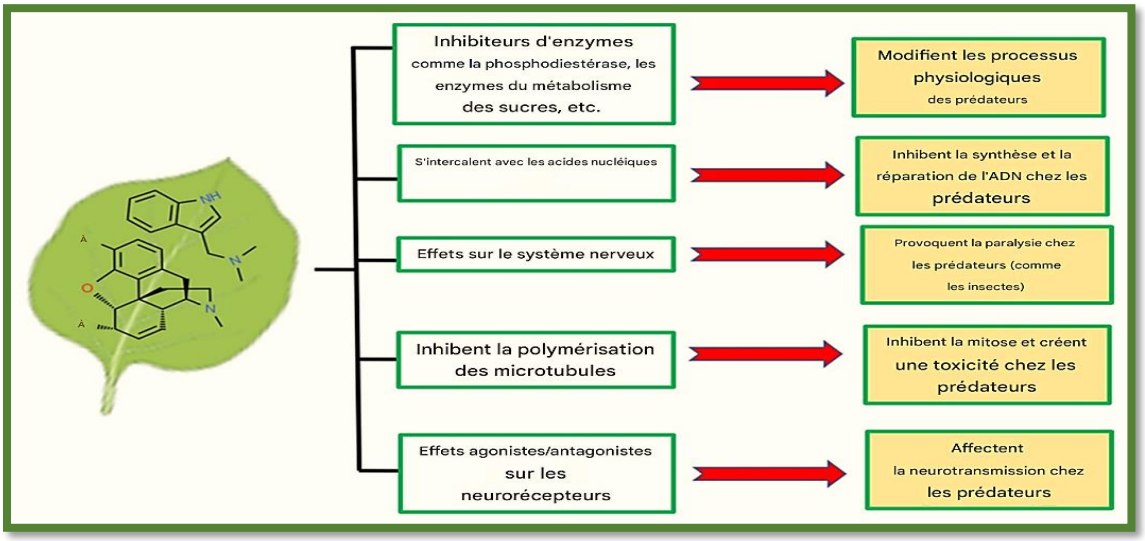


Figure 6: Propriétés pharmacologiques des alcaloïdes **(Bhambhani et *al*., 2021)**.

I.2.5. Les terpènoïdes

Constituent l'une des principales classes de métabolites. Ils participent aux mécanismes de défense des plantes contre les stress biotiques et abiotiques et se distinguent par leur grande diversité structurale ainsi que leurs nombreuses activités biologiques **(Khanam et *al*., 2025)**.

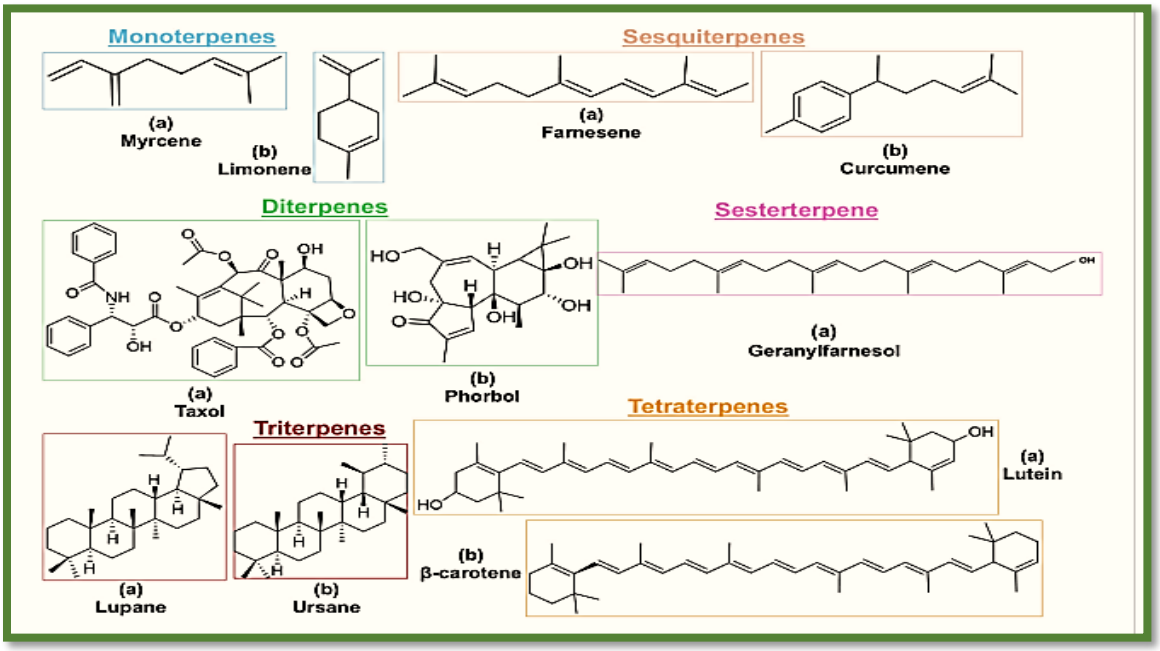


Figure 7: Classification et structures des terpènes les plus courants **(Khanam et *al*., 2025)**.

II. Activités biologiques des plantes médicinales

II.1. Activité antioxydante

II.1.1. Stress oxydatif et espèces réactives de l'oxygène

Le stress oxydatif (SO) correspond à un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes de défense antioxydants de l'organisme **(Demidchik, 2015)**. Ce phénomène, d'origine chimique et physiologique, peut être induit par différents facteurs biotiques et abiotiques.

II.1.2. Conséquences biologiques du stress oxydant

Des concentrations élevées en espèces réactives de l'oxygène (ERO) peuvent provoquer des dommages cellulaires touchant les lipides, les protéines et les acides nucléiques **(Valko et *al*., 2007)**.

Le stress oxydatif est impliqué dans le développement de plusieurs pathologies, notamment le cancer, les maladies cardiovasculaires, le diabète et les maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer **(Favier, 2003).**

II.1.3. Mécanismes d'action antioxydant des composés végétaux

La capacité antioxydante des extraits de plantes peut être évaluée *in vivo* ou *in vitro* à l'aide de tests expérimentaux. Les méthodes *in vitro* reposent sur la mesure de la capacité des extraits végétaux à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène ou à inhiber les réactions d'oxydation par contact avec des agents oxydants, grâce à leurs composés antioxydants capables de piéger les radicaux libres **(Anton et *al*, 2008)**.

Ces propriétés antioxydantes sont principalement attribuées aux métabolites secondaires, en particulier les composés phénoliques, tels que les flavonoïdes et les tanins, reconnus pour leur forte activité réductrice. Ces composés agissent selon deux mécanismes principaux permettant la stabilisation des radicaux libres :

- *Le transfert d'un atome d'hydrogène.*
- *Le transfert d'un électron* **(Hatzidimitriou et *al*, 2007)**.

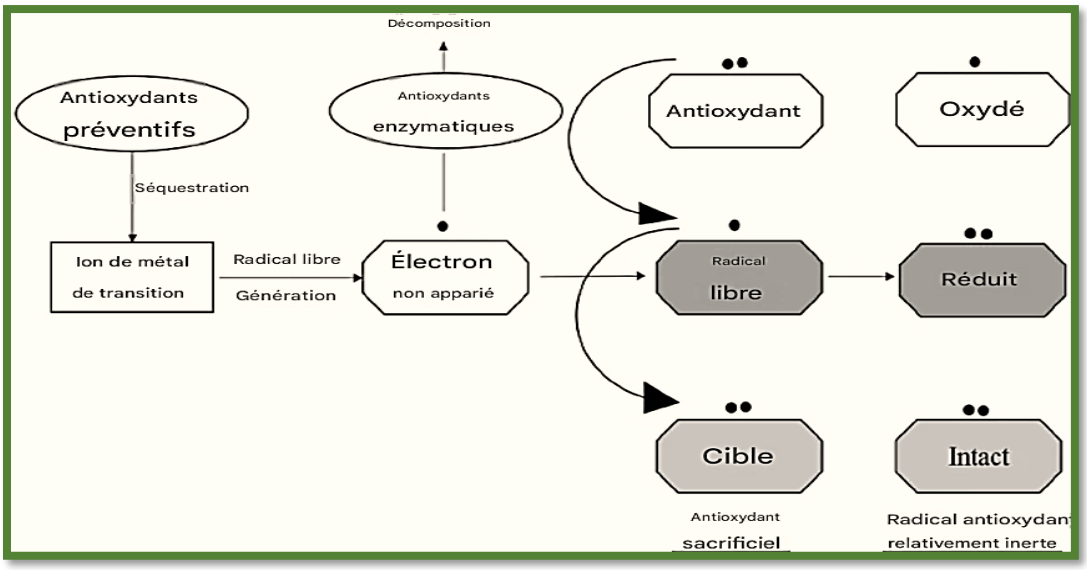


Figure 8: Schéma récapitulatif des mécanismes d'action des différents types d'antioxydants **(Salami et *al*., 2016)**.

II.2. Activité anti inflammatoire

II.2.1. Physiopathologie de l'inflammation

L'inflammation est un mécanisme de défense de l'organisme face aux agressions physiques, chimiques, biologiques ou infectieuses, et elle est essentielle au maintien de l'intégrité tissulaire **(Cheriti et *al*., 2016)**. Bien que protectrice, cette réponse immunitaire peut devenir délétère en cas de forte virulence, de persistance de l'agent causal ou de dyrségulation des médiateurs inflammatoires notamment l'histamine, les prostaglandines et les cytokines pro-inflammatoires **(Weill et *al*., 2003)**. Ces médiateurs sont responsables des principaux signes inflammatoires tels que la douleur, la rougeur et l'œdème.

II.2.2. Classification des anti-inflammatoires

a) **Les anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS) :** sont des anti-inflammatoires et immunosuppresseurs utilisés dans les maladies inflammatoires. Leur usage prolongé peut provoquer des effets indésirables comme l'ostéoporose, l'hypertension et des troubles métaboliques (diabète de type II) **(Reichardt et *al*., 2021)**.

b) **Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) :** sont des médicaments anti-inflammatoires, analgésiques et antipyrétiques qui agissent par inhibition des enzymes COX, réduisant la synthèse des prostaglandines **(Bindu et *al*.,2020)**. Ils se divisent en AINS non sélectifs et inhibiteurs sélectifs de COX-2 (coxibs) **(Conaghan, 2012)**.

II.2.3. Principe du test de dénaturation des protéines

La dénaturation des protéines est la modification de leurs structures secondaire et tertiaire sous l'effet d'agents physiques ou chimiques, entraînant une perte de leur activité biologique **(Leelaprakash, 2011)**. Elle est liée à l'inflammation, car elle peut contribuer aux lésions tissulaires **(Mizushima, 1966).** Ainsi, l'inhibition de ce processus est utilisée comme indicateur de l'activité anti-inflammatoire **(Opie, 1962)**.

II.2.4. Contribution des phytoconstituants à l'activité anti-inflammatoire

Les plantes médicinales doivent leurs propriétés anti-inflammatoires à leurs métabolites secondaires, notamment les flavonoïdes, les composés phénoliques, les terpènes, les alcaloïdes, les saponines et les coumarines, qui agissent sur plusieurs voies de l'inflammation en modulant les médiateurs et les enzymes impliqués. Ces actions permettent de réduire la réponse inflammatoire et les dommages tissulaires, parmi les principaux mécanismes impliqués :

- ✓ *Inhibition des médiateurs pro-inflammatoires (TNF-α, prostaglandines, NO).*
- ✓ *Inhibition des enzymes et facteurs de signalisation (COX-2, iNOS, NF-κB).*
- ✓ *Réduction de la production de médiateurs inflammatoires.*
- ✓ *Protection contre les dommages tissulaires liés à l'inflammation* **(Ghasemian et *al.*, 2016 ; Santos et *al.*, 2020)**.

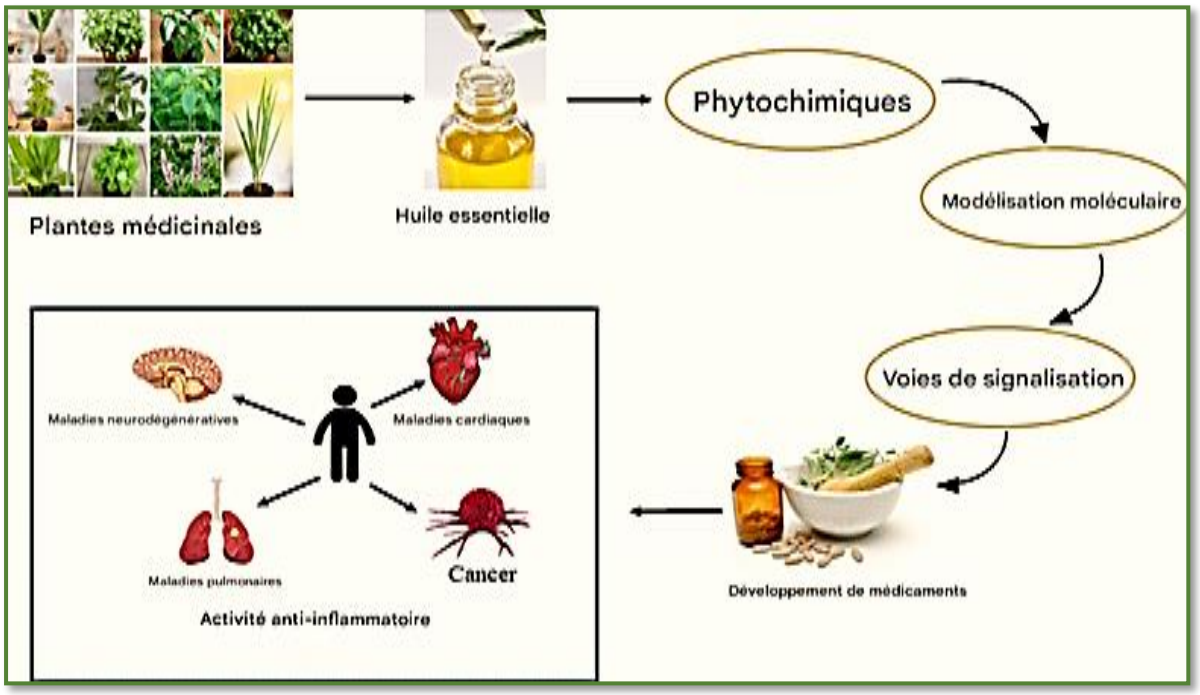


Figure 9: Les phytoconstituants et l'activité anti-inflammatoire des plantes médicinales **(Subudhi et *al.*, 2025)**.

II.3. Activités enzymatiques et intérêt thérapeutique

II.3.1. Généralités sur les enzymes

Les enzymes sont des protéines jouant le rôle de catalyseurs biologiques. Elles accélèrent les réactions biochimiques en formant un complexe enzyme–substrat spécifique, sans être consommées au cours de la réaction **(Bendavid, 2009)**.

II.3.2. Importance pharmacologique des inhibiteurs enzymatiques d'origine naturels

L'inhibition enzymatique est un mécanisme clé des activités biologiques des plantes médicinales. Les flavonoïdes, tanins, alcaloïdes et composés phénoliques peuvent inhiber plusieurs enzymes, justifiant leur intérêt thérapeutique **(Panche et *al*., 2016)**.

II.3.2.1. Activité antidiabétique

Le diabète sucré est une maladie métabolique caractérisée par une hyperglycémie chronique **(Burke et *al*., 2003 ; Wild et *al*., 2004).** Une stratégie thérapeutique repose sur l'inhibition des enzymes digestives des glucides, notamment :

- **L'α-amylase et les α-glucosidases** responsables de leur dégradation en sucres absorbables. L'inhibition de ces enzymes ralentit la digestion des glucides et diminue l'absorption du glucose, contribuant à la baisse de la glycémie postprandiale **(Sudhir et Mohan, 2002 ; Rhabasa et *al*., 2004 ; Bhutkar et Bhise, 2012)**.

Dans ce contexte, les flavonoïdes, tanins et composés phénoliques présentent cette activité inhibitrice et sont utilisés dans la gestion naturelle du diabète **(Tundis et *al*., 2010)**.

II.3.2.2. Activité anticholinesterase

La maladie d'Alzheimer est une pathologie neurodégénérative caractérisée par un déclin des fonctions cognitives **(Cummings et Cole, 2002)**. Elle est associée à un déficit cholinergique. Une stratégie thérapeutique consiste à inhiber les enzymes responsables de la dégradation de l'acétylcholine, notamment :

- ***La butyrylcholinestérase (BChE) et l'acétylcholinestérase (AChE),*** afin de maintenir un taux suffisant d'acétylcholine et améliorer la transmission nerveuse **(Crismon, 1998 ; Colletier, 2006 ; Mirjana et *al*., 2013)**.

Dans ce contexte, plusieurs composés phénoliques, les alcaloïdes et les flavonoïdes présentent une activité inhibitrice des cholinestérases, ce qui soutient leur intérêt dans la recherche de traitements naturels contre les troubles neurodégénératifs **(Orhan et *al*., 2007)**.

II.4. Activité antibactérienne

II.4.1. Généralité sur les microorganismes

a) Bactéries à Gram négatif

Les bactéries se divisent principalement en deux groupes : Gram positif et Gram négatif, différenciés par la structure de leur paroi cellulaire :

- ***Bactéries à Gram négatif :*** possèdent une membrane externe riche en lipopolysaccharides (LPS), leur conférant une résistance accrue aux agents chimiques et à certains antibiotiques.
- ***Bactéries à Gram positif :*** présentent une paroi cellulaire épaisse constituée de peptidoglycane (muréine), assurant la rigidité et la protection **(Escott et *al*., 2006)**.

b) Champignons microscopiques

- ***Levures :*** sont des champignons unicellulaires se reproduisant par bourgeonnement **(Cardinale, 2001).** Le genre *Candida*, notamment *Candida albicans*, est un agent opportuniste responsable d'infections chez l'homme. Sa pathogénicité est liée à son polymorphisme et à sa capacité d'adaptation aux conditions physiologiques **(Sarazin, 2010)**.
- ***Moisissures*** : les moisissures du genre Fusarium sont des champignons filamenteux phytopathogènes largement présents dans les sols. Elles sont responsables de nombreuses maladies touchant principalement les cultures céréalières. Leur mode de vie hémibiotrophe, associé à leur grande diversité et à leur capacité à produire des mycotoxines, en fait des agents pathogènes majeurs en agriculture **(Perincherry et *al*., 2019)**.

II.4.2. Résistance aux antibiotiques

La résistance bactérienne aux antibiotiques est un problème majeur qui complique le traitement des infections, en raison de la propagation des souches multirésistantes **(Ventola, 2015)**. La progression de cette multirésistance peut entraîner une augmentation de la létalité de certaines infections bactériennes et représente ainsi une menace réelle pour la santé publique **(Serragui et *al*., 2013 ; Munita et Arias, 2016)**. Cette résistance concerne toutes les classes d'antibiotiques ainsi que de nombreuses espèces bactériennes, ce qui rend nécessaire la recherche de nouveaux agents antimicrobiens **(Vaubourdolle, 2013)**. Les principaux mécanismes de résistance bactérienne sont :

- ✓ *L'inactivation enzymatique.*
- ✓ *La modification de la cible de l'antibiotique.*
- ✓ *Le contournement métabolique.*
- ✓ *Les systèmes l'efflux et la diminution de la perméabilité bactérienne à l'antibiotique* **(Mesaros et *al*., 2005 ; Munita & Arias, 2016)**.

II.4.3. Mécanismes d'action antimicrobienne des plantes médicinales

Les métabolites secondaires des plantes exercent leur activité antimicrobienne en agissant sur plusieurs cibles cellulaires, ce qui limite le développement des résistances **(Radulović et *al*., 2013)**. Parmi les principaux mécanismes impliqués :

- ✓ *Altération de la membrane cellulaire microbienne.*
- ✓ *Inhibition de la synthèse de l'ADN et de l'ARN.*
- ✓ *Perturbation du métabolisme cellulaire.*
- ✓ *Inhibition du quorum sensing.*
- ✓ *Action multi-cibles (polypharmacologie) contribuant à la réduction des résistances* **(Radulović et *al*., 2013)**.

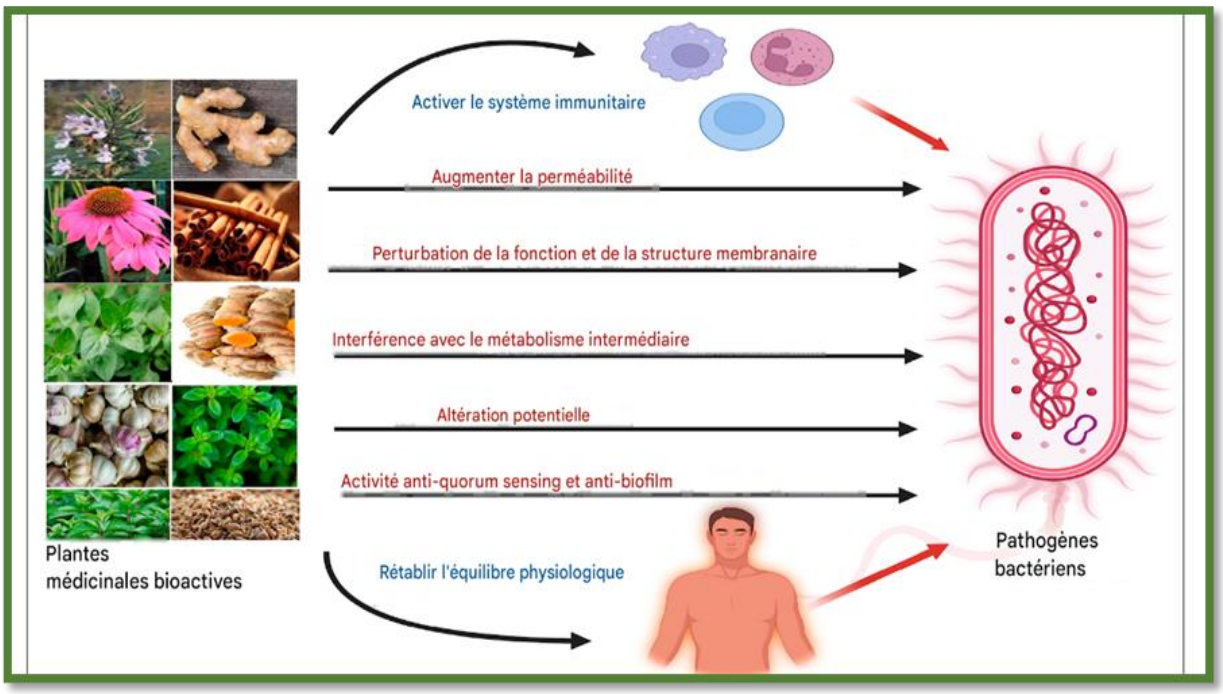


Figure 10: Modes d'action antibactériens des plantes médicinales **(Abdallah et al., 2023)**.

II.5. Autres activités biologiques des plantes médicinales

- **Activité anticancéreuse :** les plantes médicinales contiennent des composés capables d'induire l'apoptose des cellules cancéreuses et d'inhiber leur prolifération **(Esmeeta et *al*., 2022).**
- **Activité antihypertensive :** les plantes sont étudiées comme alternative ou complément aux traitements antihypertenseurs en raison de leurs effets bénéfiques et de leur faible toxicité **(Sharma et *al*., 2021).**
- **Activité antivirale :** les composés végétaux (flavonoïdes, alcaloïdes, terpénoïdes, etc.) inhibent l'entrée, la réplication et la synthèse virale **(Perera., 2021).**
- **Activité immunomodulatrice :** les plantes médicinales régulent la réponse immunitaire en modulant les cytokines et les cellules immunitaires **(Singh et *al*., 2026).**
- **Activité cicatrisante :** les composés bioactifs des plantes favorisent la régénération tissulaire et exercent des effets antioxydants et anti-inflammatoires **(Mohd et *al*., 2024).**

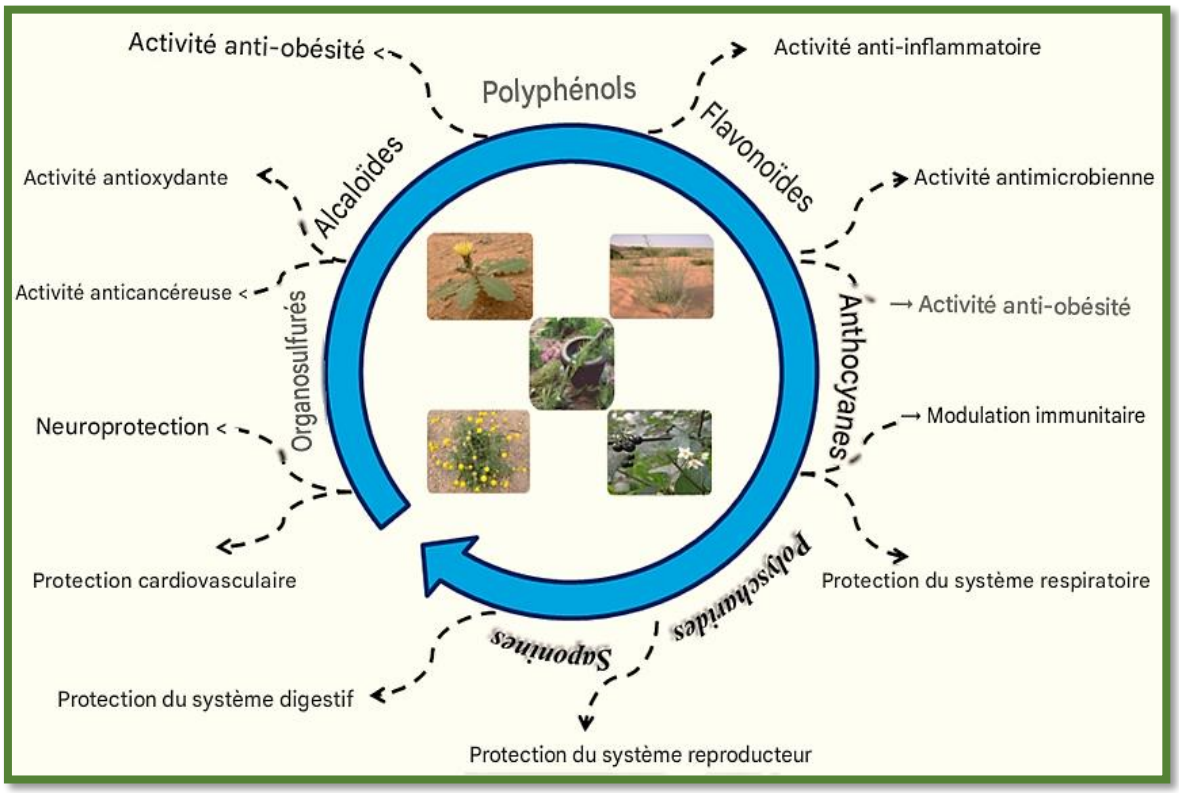


Figure 11: Les principales activités biologiques des plantes médicinales **(Hemmami et *al*., 2023)**

III. Profil botanique et phytochimique des plantes étudiées

III.1. *Artemisia herba-alba*

III.1.1. Origine et historique

Le terme *Artemisia* désigne le genre des armoises et tire son origine du nom de la déesse grecque Artémis, en référence aux propriétés médicinales attribuées à cette plante. L'expression *herba-alba* signifie **« herbe blanche »**. *Artemisia herba-alba,* appelée aussi « armoise blanche » ou **« Chih »,** est largement utilisée en médecine traditionnelle en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. **(Moufid et Eddouks, 2012)**.

III.1.2. Taxonomie

Tableau 3: Classification de la plante d'*Artemisia Herba-alba* **(Gacem et *al*., 2020)**.

Règne	Plantae
Embranchement	Angiospermes
Ordre	*Asterales*
Famille	*Astraceae*
Sous-famille	*Asteroideae*
Tribu	*Anthemideae*
Genre	*Artemesie*
Espèce	*Artemisia herba-alba*



Figure 12: *Artemisia herba -Alba* **(Bouzidi, 2016)**

III.1.3. Description morphologique

Artemisia herba-alba est une plante herbacée vivace à teinte vert argenté, atteignant généralement 30 à 50 cm de hauteur. Elle possède des tiges dressées, rigides et ramifiées. Son cycle végétatif débute en automne et se poursuit jusqu'au printemps avec des variations du développement foliaire **(Akrout, 2004)**.

- ***Les feuilles*** sont petites, sessiles, pubescentes et profondément divisées en segments fins blanchâtres, lui donnant un aspect laineux **(Quézel et Santa, 1962)**.
- ***Les fleurs*** sont regroupées en petits capitules ovoïdes de couleur jaune à rougeâtre **(Bezza et *al*., 2010)**.
- ***Le système racinaire*** est constitué d'une racine pivotante épaisse et ligneuse pouvant atteindre 40 à 50 cm de profondeur **(Aidoud, 1983)**.

III.1.4. Répartition géographique

A) Dans le monde

Artemisia herba-alba est une espèce largement répandue dans les régions arides et semi-arides, depuis le sud de l'Espagne et les îles Canaries jusqu'aux steppes d'Asie centrale (Iran, Turkménistan, Ouzbékistan). Elle est principalement présente en Afrique du Nord, en Europe et au Moyen-Orient **(Kacimi *al*, 2024)**.

B) En Algérie

Elle est très fréquente dans les zones steppiques et présahariennes, s'étendant de la frontière tunisienne à la frontière marocaine. Elle couvre de vastes superficies et se développe surtout dans les Hauts Plateaux. Elle pousse sur des sols argileux et compacts et joue un rôle écologique important dans la lutte contre l'érosion et la désertification **(Ayad, 2008 ; Eloukili, 2013)**.

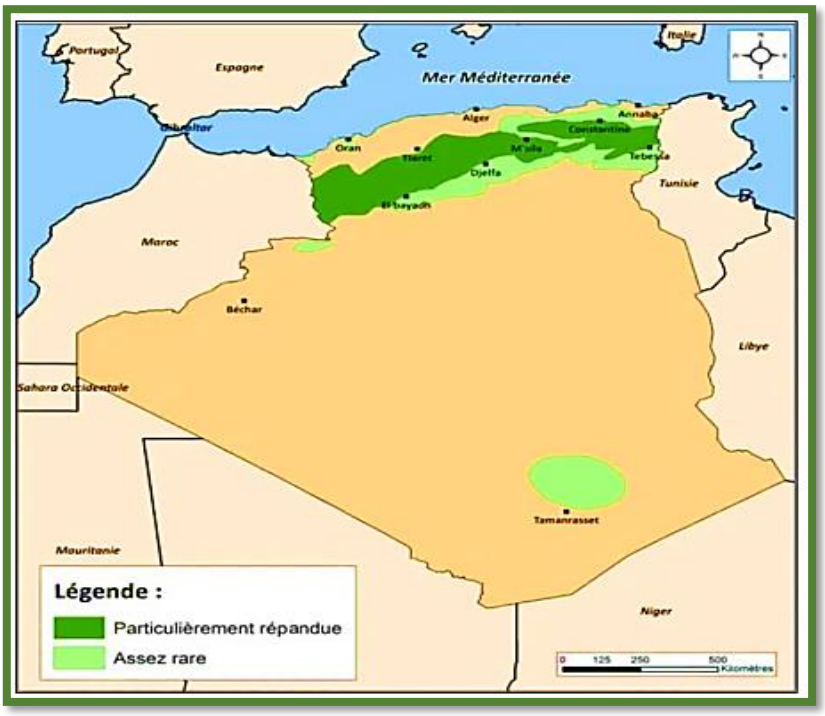


Figure 13 : Répartition géographique d'*Artemisia herba-alba en Algérie* **(Bouafia, 2022)**.

III.1.5. Composition phytochimique

- **Polyphénols :** principalement représentés par les acides phénoliques et les flavonoïdes, contribuent aux propriétés antioxydantes de Artemisia herba-alba. Leur teneur varie selon l'origine géographique et les conditions environnementales **(Bakkali et *al*.,2008)**.

- **Flavonoïdes :** les flavonoïdes, principalement des flavones et flavonols glycosylés, contribuent aux activités antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes de *Artemisia herba-alba* **(Abad et al., 2012)**.
- **Huiles essentielles :** les huiles essentielles de *A. herba-alba*, riches en monoterpènes et sesquiterpènes, contiennent notamment le camphre, le 1,8-cinéole, le *p*-cymène et la thujone. Leur composition varie selon l'origine géographique **(Khlifi et *al*., 2013)**.
- **Terpénoïdes :** principalement des monoterpènes et sesquiterpènes, sont responsables de l'arôme et de plusieurs activités biologiques de la plante **(Salamci et *al*.,2007)**.

III.1.6. Usages traditionnels

L'armoise blanche est largement utilisée en médecine traditionnelle et occupe une place importante dans la pharmacopée arabo-musulmane. Employée également comme plante aromatique pour le thé et le café, elle est traditionnellement reconnue pour ses propriétés antispasmodiques, antiseptiques, antibactériennes, antidiabétiques et antitumorales. Ses extraits aqueux sont utilisés dans le traitement des troubles digestifs et hépatiques, ainsi que pour soulager les douleurs abdominales et les intoxications **(Baba Aissa, 2000 ; Bezza et *al*., 2010)**.

III.1.7. Activités pharmacologiques rapportées

Les études pharmacologiques ont montré que les extraits et les huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* possèdent de nombreuses activités biologiques, notamment :

- ✓ Antioxydantes,
- ✓ Antimicrobiennes et antibactériennes,
- ✓ Antidiabétiques,
- ✓ Anti-inflammatoires,
- ✓ Antitumorales et cytotoxiques.

Ces propriétés sont attribuées à la richesse de la plante en flavonoïdes, composés phénoliques et terpènes bioactifs **(Seddik et *al*., 2010)**. Plusieurs études confirment également son activité antimicrobienne **(Younsi et *al*., 2016)**, son effet hypoglycémiant **(Moufid et Eddouks, 2012)** et son potentiel anti-inflammatoire et cytotoxique **(Faraj et *al*., 2025)**. L'ensemble de ces résultats confirme l'intérêt pharmacologique de *A. herba-alba* et soutient son utilisation en médecine traditionnelle **(Mohamed et *al*., 2010)**.

III.2. *Ziziphus lotus*

III.2.1. Origine et historique

Le genre *Ziziphus* a été décrit en 1767 et son nom possède des origines berbères, persanes et grecques **(Bellakhdar, 1997)**. *Ziziphus lotus*, de la famille des Rhamnaceae, est une espèce méditerranéenne présente depuis l'Antiquité en Afrique du Nord, au Proche-Orient et dans le sud de l'Europe **(Ozenda, 1991 ; Quézel et Médail, 2003)**.

Dans la mythologie grecque, elle est associée aux Lotophages de l'Odyssée, dont les fruits étaient réputés provoquer l'oubli et l'euphorie **Bellakhdar, 1997)**. C'est une espèce thermophile adaptée aux milieux arides et pauvres **(Maire, 1933 ; Ozenda, 1991)**.

III.2.2. Taxonomie

Tableau 4: Classification de *Ziziphus lotus (L.)* **(Ghedira, 2013)**.

Règne	Plantae
Embranchement	Magnoliophyta (= Phanérogames)
Sous-embranchement	Magnoliophytina(= Angiospermes)
Classe	Magnoliopsida (=Dicotylédones)
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rhamnales
Famille	Rhamnaceae
Tribu	Zizyphae
Genre	*Zizyphus*
Espèce	*Zizyphus lotus (L.)* Desf



Figure 14: *Zizyphus lotus (L.)* **(Asteriscus, 2023)**.

III.2.3. Description morphologique

Ziziphus lotus L. est un arbuste fruitier épineux, très ramifié, pouvant atteindre environ 2 m de hauteur. Il pousse en touffes de taille variable et s'adapte aux milieux arides **(Bencheikh et *al*., 2023)**, les rameaux sont flexueux, recourbés vers le bas, de couleur grisâtre, et portent des épines par paires, droites ou légèrement recourbées.

- ***Les feuilles*** sont petites, alternes, ovales à crénelées, à trois nervures principales, glabres, de 9 à 13 mm de longueur et 7 à 9 mm de largeur, avec un pétiole court.

- ***Les fruits*** sont des drupes sphériques, passant du vert au jaune puis au rouge foncé à maturité. Ils contiennent un noyau osseux biloculaire entouré d'une pulpe sucrée **(Ghedira, 2013)**.
- ***Les fleurs*** sont petites, axillaires, bisexuées et pentamères, regroupées en inflorescences cymeuses. La floraison a lieu entre juin et juillet **(Bencheikh et *al.*, 2023)**.



Figure 15 : *Zizyphus lotus* (arbre et feuilles).

III.2.4. Répartition géographique

A) Dans le monde

Ziziphus lotus est une espèce des régions arides et semi-arides, largement répandue dans le bassin méditerranéen (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye), ainsi qu'en Europe du Sud (Espagne, Grèce, Sicile) et en Asie (Chine, Iran, Corée du Sud) **(Abdoul-Azize, 2016)**.

B) En Algérie

Ziziphus lotus est présent dans les zones arides et sahariennes, notamment dans les dunes et différents types de sols. Il est particulièrement fréquent dans plusieurs régions steppiques, dont Aïn Ouessara **(Moulessehoul et *al.*, 2023)**.

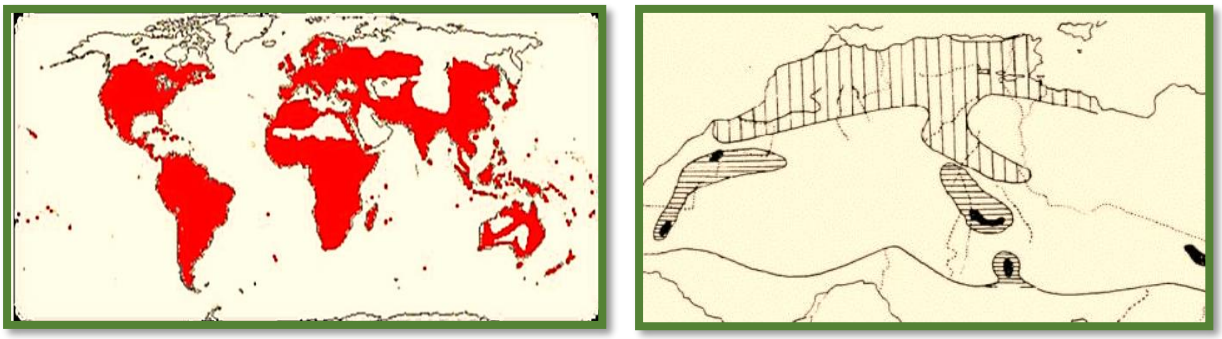


Figure 16 : Répartition mondiale des Rhamnaceae et de *Ziziphus lotus* en Algérie **(Quezel et Santa, 1962 ; Dupont & Guignard, 2012)**.

III.2.5. Composition phytochimique

- **Polyphénols :** le genre *Ziziphus* renferme des composés phénoliques à forte activité antioxydante, impliqués dans la protection cellulaire contre le stress oxydatif **(Reche et *al*., 2021).**
- **Flavonoïde :** *Ziziphus lotus* contient des flavonoïdes, principalement la quercétine, le kaempférol et la myricétine, répartis dans plusieurs parties de la plante et responsables de ses activités biologiques **(Alla et *al*., 2025).**
- **Huiles essentielles :** l'huile des graines de *Ziziphus lotus* est riche en acides gras insaturés et en composés bioactifs (phytostérols, caroténoïdes, tocophérols), lui conférant un intérêt nutritionnel et pharmacologique **(Ben Haj Koubaier et *al*., 2024).**
- **Les terpénoïdes :** le genre *Ziziphus* contient divers triterpènes, dont plusieurs présentent des activités biologiques intéressantes **(Sakna et *al*., 2022).**

III.2.6. Usages traditionnels

En Algérie, *Ziziphus lotus* est une espèce largement répandue, connue localement sous le nom de **« Sedra »**, tandis que ses fruits sont appelés **« Nbag »** **(Borgi et Chouchane, 2009 ; Berkani et *al*., 2021)**. Elle est utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses affections : troubles digestifs et diarrhée, diabète et troubles métaboliques, maladies hépatiques et fatigue générale, infections cutanées et fièvre **(Adzu et al., 2003)**.

III.2.7. Activités pharmacologiques rapportées

Les recherches pharmacologiques récentes montrent que les extraits de *Ziziphus lotus* possèdent de nombreuses activités biologiques, notamment :

- ✓ Antidiabétiques,
- ✓ Anticancéreuses et hépatoprotectrices,
- ✓ Néphroprotectrices,
- ✓ Anti-inflammatoires et analgésiques,
- ✓ Antioxydantes et antibactériennes.

Ces propriétés sont attribuées à la richesse de la plante en composés bioactifs, confirmée par plusieurs études **(Bencheikh et *al*., 2023)**.

Deuxième Partie : Etude expérimentale

- *Matériels et Méthodes*
- *Résultats et Discussion*

I. Matériels et méthodes

Notre étude a porté sur l'analyse phytochimique de deux plantes médicinales, ***Artemisia herba-alba*** et ***Ziziphus lotus***, à travers un screening phytochimique, le dosage des composés phénoliques et l'évaluation de leurs activités biologiques.

Les travaux expérimentaux ont été réalisés au sein des laboratoires du département des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhafid Boussouf de Mila ainsi qu'au Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBt) de Constantine.



Figure 17 : Cadre de réalisation les travaux expérimentaux.

I.1. Matériel végétal

Le matériel végétal de *Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus* a été récolté dans la région d'Oued Athmania (wilaya de Mila) en septembre 2025. Après la récolte, les spécimens présentant des anomalies ont été éliminés. Les feuilles ont ensuite été nettoyées puis séchées à l'air libre, à l'ombre et à température ambiante pendant une semaine. Après séchage, le matériel végétal a été broyé à l'aide d'un broyeur électrique et d'un mortier afin d'obtenir une poudre fine. Celle-ci a été conservée dans des flacons en verre hermétiques, à l'abri de l'humidité et de la lumière.



Figure 18 : Étapes de préparation du matériel végétal en poudre.

I.2. Préparation des extraits

- **Macération**

La macération a été faite selon le protocole de **(Zouheir et *al.*, 2020)**. Le matériel végétal séché et broyé en poudre fine a été soumis à une extraction par macération dans un mélange éthanol/eau (80/20, v/v). L'opération a été répétée trois fois pendant 72 h sous agitation régulière afin d'optimiser la récupération des composés bioactifs. Après filtration, le macérât a été concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température ≤ 40 °C. L'extrait hydroéthanolique **(HE)** obtenu a été conservé à l'abri de la lumière jusqu'à utilisation.

- **Fractionnement des extraits**

Selon le protocole de **(Indrati et *al.*,2019)**, l'extrait hydroéthanolique (HE) des deux plantes a été fractionné par extraction liquide-liquide successive dans une ampoule à décanter afin de séparer les composés selon leur polarité. Une première extraction a été réalisée avec l'hexane (3 répétitions), suivie d'une extraction à l'acétate d'éthyle. L'opération a été répétée plusieurs fois jusqu'à séparation complète des composés. La phase organique a ensuite été évaporée pour obtenir l'extrait à l'acétate d'éthyle **(AcOEt).**

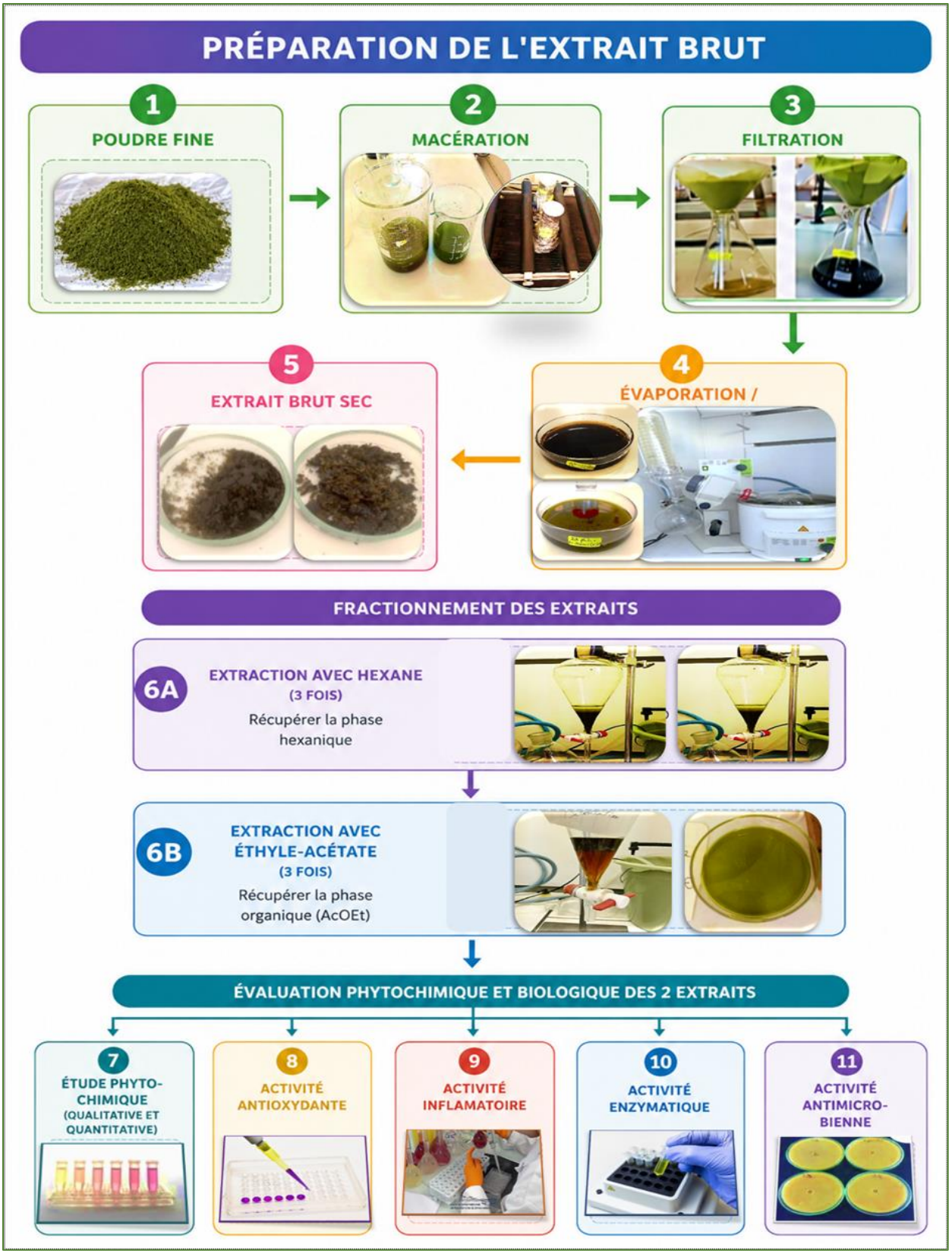


Figure 19 : Illustration des principales étapes expérimentales : préparation des extraits bruts, fractionnement et analyses biologiques réalisées.

I.3. Étude phyto-chimique

I.3.1. Analyse qualitative (Screening phytochimique)

Le criblage phytochimique est une étape essentielle permettant l'identification qualitative des principales familles de métabolites secondaires présentes dans les extraits végétaux, et leur mise en relation avec les activités biologiques potentielles. Dans cette étude, les tests ont été réalisés sur deux fractions obtenues : l'extrait hydroéthanolique (HE) et l'extrait à l'acétate d'éthyle (AcOEt) **(Annexe I)**, selon des méthodes qualitatives classiques **(Rondon et *al.*, 2017 ; Shaikh et *al.*, 2023 ; Bramki et *al.*, 2024).**

- **Composés phénoliques :** ils ont été révélés par l'ajout de $FeCl_3$ (5 %), entraînant une coloration bleu foncé à noire.
- **Tanins :** leur présence est indiquée par une coloration variant du bleu-vert au bleu-noir, parfois accompagnée d'un précipité.
- **Flavonoïdes :** ils ont été détectés par le test de Shinoda, caractérisé par l'apparition d'une coloration orange à rouge en présence de magnésium et d'acide chlorhydrique.
- **Alcaloïdes :** ils ont été mis en évidence après acidification de l'extrait suivie de l'ajout du réactif de Mayer, donnant un précipité jaune-crème.
- **Saponines :** leur présence a été confirmée par le test de mousse, se traduisant par la formation d'une mousse stable supérieure à 1 cm.
- **Détection des glycosides stéroïdiques et terpénoïdes :** le test de Salkowski, basé sur l'ajout de chloroforme puis d'acide sulfurique concentré, a mis en évidence ces composés par l'apparition d'un anneau rouge-brun à l'interface.
- **Détection des glycosides cardiaques :** le test de Keller–Kiliani, utilisant l'acide acétique contenant du $FeCl_3$ suivi d'acide sulfurique concentré, a révélé leur présence par la formation d'un anneau brun à brun-violet.
- **Anthocyanines et Quinones :** les anthocyanines ont été identifiées par variation de couleur en milieu alcalin (KOH), tandis que les quinones ont été mises en évidence par l'apparition d'une coloration rouge après ajout d'acide sulfurique concentré.

I.3.2. Analyse Quantitative

I.3.2.1. Détermination de la teneur totale en phénols

- **Principe de la réaction**

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué à l'aide d'un lecteur de microplaque à 96 puits *« PerkinElmer EnSpire »*, au laboratoire du Centre de Recherche en Biotechnologie. L'analyse a été réalisée selon la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par **(Singleton et Rossi,1965)** et adaptée sur microplaque par **(Muller et *al.*, 2010)**. Cette méthode repose sur la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu par les composés phénoliques, produisant une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en polyphénols.

- **Mode opératoire**

Une solution de Na_2CO_3 à 7,5 % a été préparée dans l'eau distillée. Les extraits ont été préparés à 1 mg/mL dans l'eau distillée ou le méthanol, et le réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10. Pour le dosage, 20 µL d'extrait ont été mélangés avec le réactif de Folin-Ciocalteu puis avec le carbonate de sodium **(Annexe I)**. Après incubation à l'obscurité pendant 2 h, l'absorbance a été mesurée à 765 nm. Un blanc a été réalisé en remplaçant l'extrait par le méthanol **(Singleton et Rossi, 1965)**. Les résultats ont été exprimés en µg équivalent d'acide gallique par mg d'extrait (µg GAE/mg) à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique.

I.3.2.2. Détermination de la teneur totale en flavonoïdes

- **Principe de la réaction**

Le dosage des flavonoïdes totaux repose sur la formation d'un complexe entre les flavonoïdes et les ions aluminium (Al^{3+}), selon la méthode de **(Topçu et *al.*, 2007),** adaptée sur microplaque à 96 puits. L'intensité de la coloration obtenue est proportionnelle à la concentration en flavonoïdes.

- **Mode opératoire**

Une solution de potassium acétate (1 M) et une solution de nitrate d'aluminium (10 %) ont été préparées. L'extrait (1 mg/mL dans le méthanol) a été utilisé pour le dosage. Dans une microplaque, 50 µL d'extrait ont été mélangés avec 130 µL de méthanol, puis 10 µL de chaque réactif (potassium acétate et nitrate d'aluminium) ont été ajoutés. Après incubation à température ambiante pendant 40 min, l'absorbance a été mesurée à 415 nm. Un blanc a été préparé dans les mêmes conditions en remplaçant l'extrait par le méthanol **(Topçu et *al.*, 2007).** La quantification des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine, comme

contrôle positif. Les résultats sont exprimés en µg d'équivalent de quercétine par mg d'extrait (µg QE/mg d'extrait).

I.3.2.3. Détermination de la teneur totale en flavonols

- **Principe**

La teneur totale en flavonols a été déterminée selon la méthode de **Kumaran et Karunakaran, (2007).** Cette méthode repose sur la formation d'un complexe entre les flavonols et le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$), produisant une coloration mesurable par spectrophotométrie.

- **Mode opératoire**

Un volume de 50 µL d'extrait végétal à différentes concentrations a été mélangé avec 50 µL de solution de $AlCl_3$ (2 %) et 150 µL de solution d'acétate de sodium (5 %). Le mélange a été incubé à l'obscurité pendant 90 minutes, puis l'absorbance a été mesurée à 440 nm. Un blanc a été préparé en remplaçant les réactifs par du méthanol. La quantification a été réalisée à l'aide d'une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine, et les résultats ont été exprimés en µg équivalent de quercétine par mg d'extrait sec.

I.4. Évaluation des activités biologiques

I.4.1. Évaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Artemisia herba-alba* et *Ziziphus lotus* a été réalisée au sein du Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBt), à l'aide de différentes méthodes.

I.4.1.1. Effet anti-radicalaire par le test au DPPH•

- **Principe**

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) est un radical libre stable, violet, absorbant à 517 nm. En présence d'antioxydants, il est réduit en une forme non radicalaire jaune, entraînant une diminution de l'absorbance proportionnelle à l'activité antioxydante **(Parejo et *al.*, 2003)**.

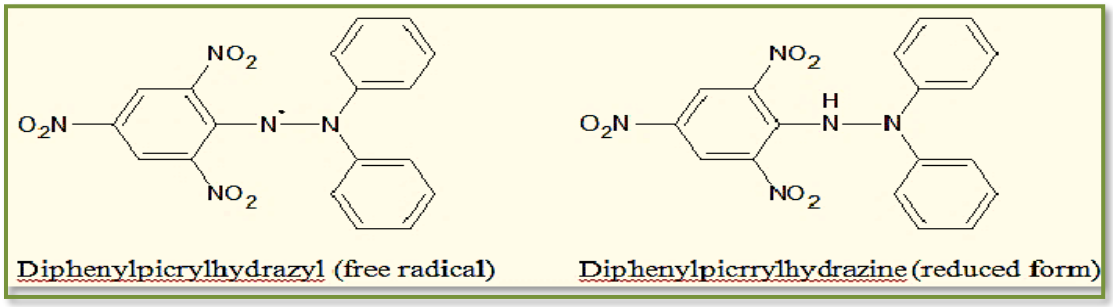


Figure 20 : DPPH et sa forme réduite **(Agatonovic et *al.*, 2014)**.

➢ **Mode Opératoire**

Une solution de DPPH (6 mg/100 mL de méthanol) a été préparée et conservée à l'abri de la lumière **(Annexe II)**. Ensuite, 160 µL de solution de DPPH ont été mélangés avec 40 µL d'extrait. Après incubation de 30 min à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 517 nm **(Blois et *al.*, 1958).** L'α-Tocophérol a été utilisé comme standard antioxydant pour la comparaison de l'activité. Les résultats de l'activité antioxydante ont été exprimés en IC_{50} (µg/mL), correspondant à la concentration nécessaire pour inhiber 50 % du radical DPPH. La capacité de piégeage du radical DPPH a été calculée en utilisant l'équation suivante **(Kumaran et *al.*,2007)**:

$$Inhibition\ \% = \frac{Abs\ controle - Abs\ Extrait}{Abs\ controle} x100$$

I.4.1.2. Essai de décoloration du radical cation $ABTS^{\bullet+}$

➢ **Principe**

Le test ABTS repose sur la réduction du radical cation $ABTS^{\bullet+}$ de couleur bleu-vert, par les composés antioxydants. Ce radical est obtenu par oxydation de l'ABTS en présence de persulfate de potassium. En présence d'un antioxydant, il est réduit, entraînant une diminution de l'absorbance à 734 nm **(Sanchez-Moreno et *al.*, 1998 ; Re et *al.*, 1999).**

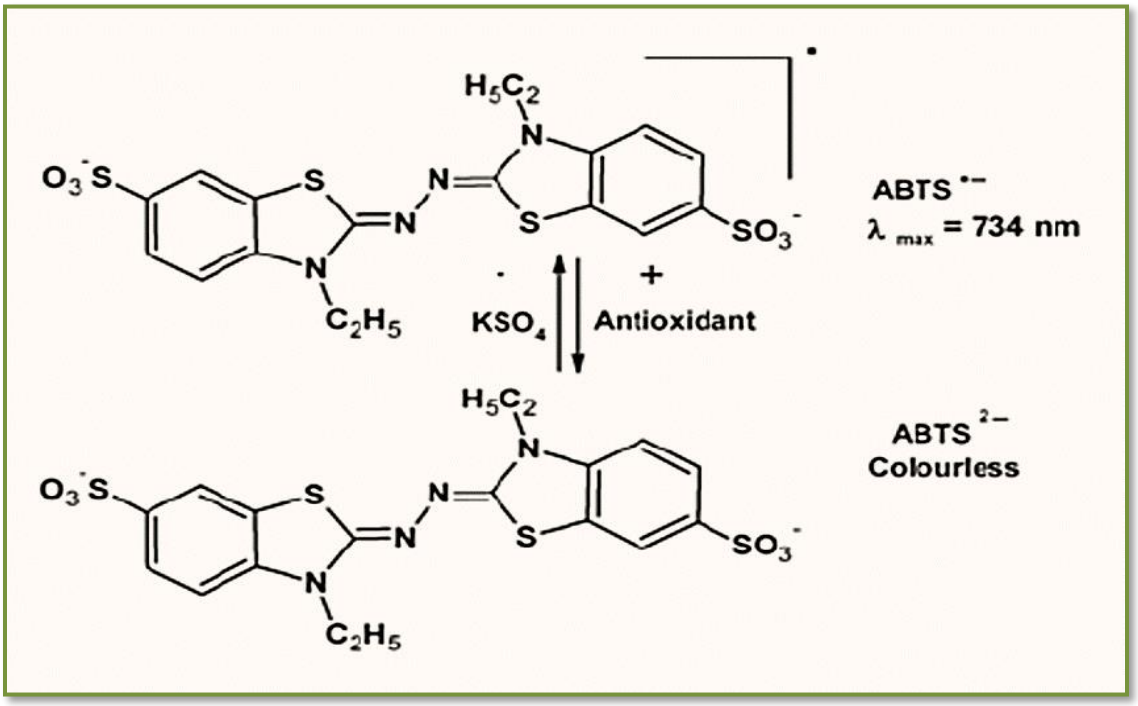


Figure 21 : Formation radicale ABTS **(Venkatachalam et *al.*, 2012)**.

➢ **Mode Opératoire**

Le radical $ABTS^{\bullet+}$ a été généré en mélangeant une solution d'ABTS (7 mM) avec du persulfate de potassium (2,45 mM), puis incubé à l'obscurité pendant 12 à 16 h. Avant utilisation, la solution a été ajustée à une absorbance de 0,700 ± 0,020 à 734 nm. Ensuite, 160 µL de solution $ABTS^{\bullet+}$ ont été mélangés avec 40 µL d'extrait. Après incubation de 10 min, l'absorbance a été mesurée à 734 nm **(Re et *al.*,1999)**. Le méthanol a été utilisé comme témoin et le BHT a été utilisé comme de norme antioxydant pour la comparaison de l'activité d'extrait**.** La capacité de piégeage de l'$ABTS^{\bullet+}$ a été calculée en utilisant l'équation suivante :

$$Inhibition\ \% = \frac{Abs\ controle - Abs\ Extrait}{Abs\ controle} x100$$

I.4.1.3. Activité du pouvoir réducteur (FRAP)

➢ **Principe**

Le test FRAP évalue le pouvoir réducteur des extraits végétaux basé sur une réaction d'oxydo-réduction. Les composés antioxydants réduisent les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}), via le système ferricyanure de potassium. La formation du complexe réduit entraîne une coloration dont l'intensité est mesurée à 700 nm **(Khadhri et *al.*, 2013).**

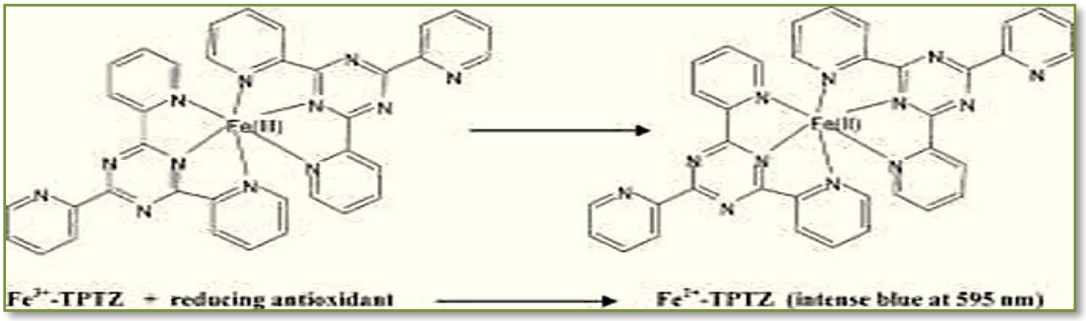


Figure 22 : La réaction de test FRAP **(Ben Moussa et *al.*, 2020*).***

➢ **Mode Opératoire**

Selon **Oyaizu, (1986),** un volume de 10 µL d'extrait à différentes concentrations a été mélangé avec 40 µL de tampon phosphate (pH 6,6) et 50 µL de solution de ferricyanure de potassium. Après incubation à 50 °C pendant 20 min, la réaction a été arrêtée par ajout de 50 µL de TCA. Puis, 40 µL d'eau distillée et 10 µL de chlorure ferrique anhydre ont été ajoutés. L'absorbance a été mesurée à 700 nm, en utilisant le méthanol comme blanc. Les résultats ont été exprimés en $A_{0.50}$ (µg/mL), avec l'acide ascorbique comme standard de référence.

I.4.1.4. Test à la phénanthroline

- **Principe**

Cette méthode repose sur la réduction des ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}) par les composés antioxydants. Les ions Fe^{2+} formés réagissent avec la 1,10-phénanthroline pour produire un complexe rouge-orangé **(Szydlowska-Czerniak et *al.*, 2008 ; Adhikamsetty et *al.*, 2008).**

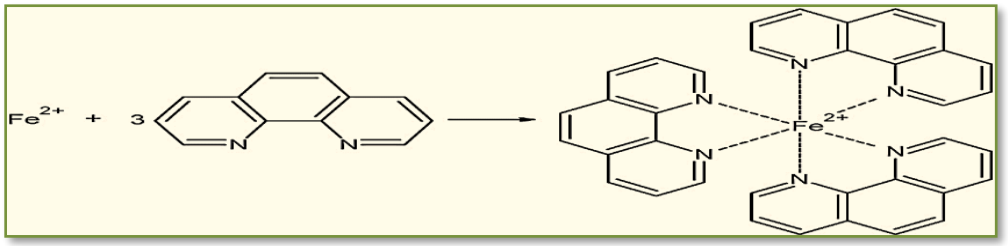


Figure 23 : Formation du complexe Fe^{2+}– phénanthroline **(Kiciński et Dyjak, 2020).**

- **Mode Opératoire**

Selon **Szydlowska-Czerniak et *al.* (2008)**, 10 µL d'extrait ont été mélangés à 50 µL de $FeCl_3$ (0,2 %), 30 µL de 1,10-phénanthroline (0,5 %) et 110 µL de méthanol, puis incubés 20 min à 30 °C à l'obscurité. Après soustraction du blanc, les résultats ont été exprimés en $A_{0,50}$ (µg/mL), correspondant à la concentration donnant une absorbance de 0,50. Le BHA a servi de standard.

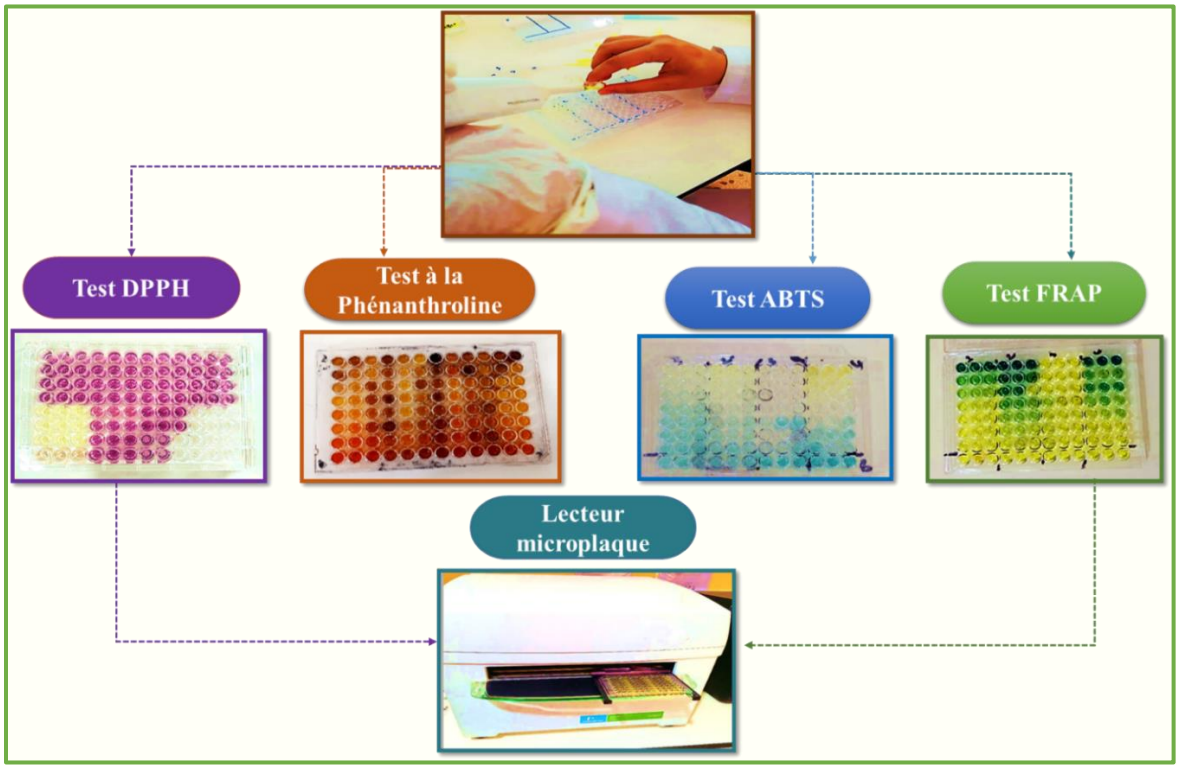


Figure 24 : Différents tests d'évaluation de l'activité antioxydante.

I.4.2. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire *(in vitro)*

L'activité anti-inflammatoire des extraits des deux plantes a été évaluée au sein du CRBT par la méthode d'inhibition de la dénaturation de l'albumine sérique bovine (BSA).

- **Principe**

Cette méthode repose sur la capacité des extraits végétaux à inhiber la dénaturation thermique de la BSA (Bovine Sérum Albumine) induite par la chaleur. La dénaturation des protéines étant associée aux processus inflammatoires, son inhibition traduit une potentielle activité anti-inflammatoire **(Rojas, 2009)**.

- **Mode Opératoire**

Une solution de BSA (0,2 %) a été préparée dans un tampon Tris-HCl (0,05 M ; pH 6,6) **(Annexe III)**. Les extraits et le diclofénac sodique (standard) ont été préparés à différentes concentrations. 1 mL d'échantillon a été mélangé avec 1 mL de BSA, puis incubé à 37 °C pendant 15 min et chauffé à 72 °C pendant 5 min, l'absorbance a été mesurée à 660 nm **(Kandikatu et *al.*, 2013)**

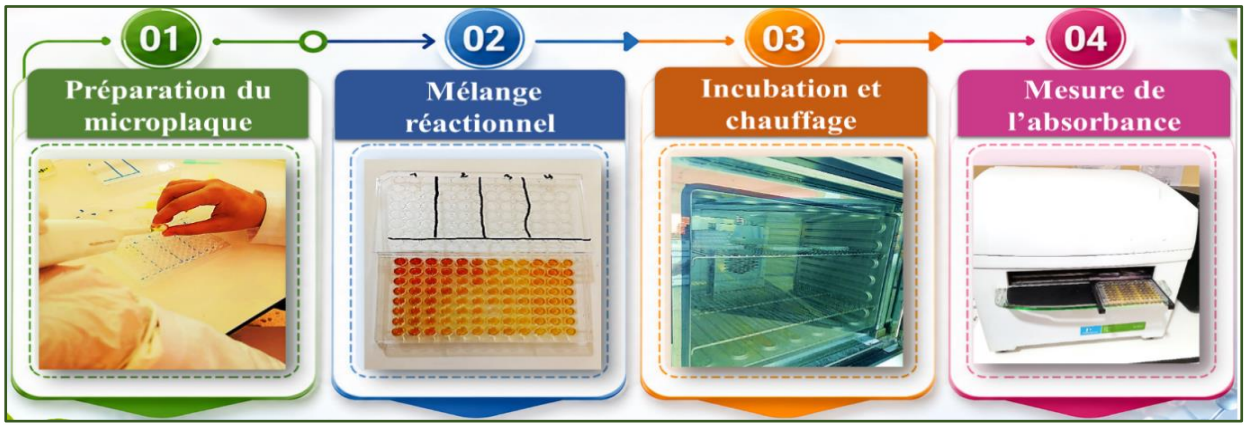


Figure 25 : Protocole expérimental du test anti-inflammatoire (dénaturation de la BSA).

I.4.3. Évaluation de l'activité enzymatique

Les essais d'évaluation de l'activité enzymatique des extraits végétaux ont été réalisés au sein CRBt, à l'aide de méthodes colorimétriques adaptées aux analyses sur microplaque.

I.4.3.1. Activité antidiabétique (inhibition de l'α-amylase)

- **Principe**

Cette méthode repose sur l'inhibition de l'hydrolyse de l'amidon par l'α-amylase. L'amidon non hydrolysé réagit avec l'iode, produisant une coloration proportionnelle à l'activité inhibitrice des extraits **(Yang et *al.*, 2012)**.

➢ **Mode Opératoire**

25 µL de chaque extrait ont été ajoutés aux puits, suivis de 50 µL d'α-amylase. Après incubation à 37 °C pendant 10 min, 50 µL d'amidon (0,1 %) ont été ajoutés. La réaction a été arrêtée avec 25 µL d'HCl (1 M) et 100 µL d'IKI **(Annexe IV)**. L'absorbance a été mesurée à 680 nm **(Randhir et *al.*, 2007)**. L'acarbose a servi de standard de référence. Le pourcentage d'inhibition de l'α-amylase a été calculé selon la formule suivante :

$$\%\text{Inhibition} = 1 - \left[\frac{(\mathbf{Ac} - \mathbf{Ae}) - (\mathbf{As} - \mathbf{Ab})}{(\mathbf{Ac} - \mathbf{Ae})}\right]$$

***Ac :** amidon + IKI + HCl + solvant + tampon ***Ab :** extrait + IKI + tampon (125 µL).
***As :** enzy + extrait + amidon + IKI + HCl. * **Ae :** enzy+ amidon + IKI + HCl + solvant

I.4.3.2. Activité anticholinesterase (Inhibition de l'enzyme butyrylcholinestérase)

➢ **Principe**

L'activité anticholinestérasique a été déterminée selon la méthode d'Ellman **(Ellman et *al.*, 1961)**, qui repose sur l'hydrolyse du butyrylthiocholine par la BChE et la réaction du thiocholine libéré avec le DTNB, formant un complexe jaune mesuré à 412 nm. La diminution de l'absorbance indique l'inhibition enzymatique par les extraits.

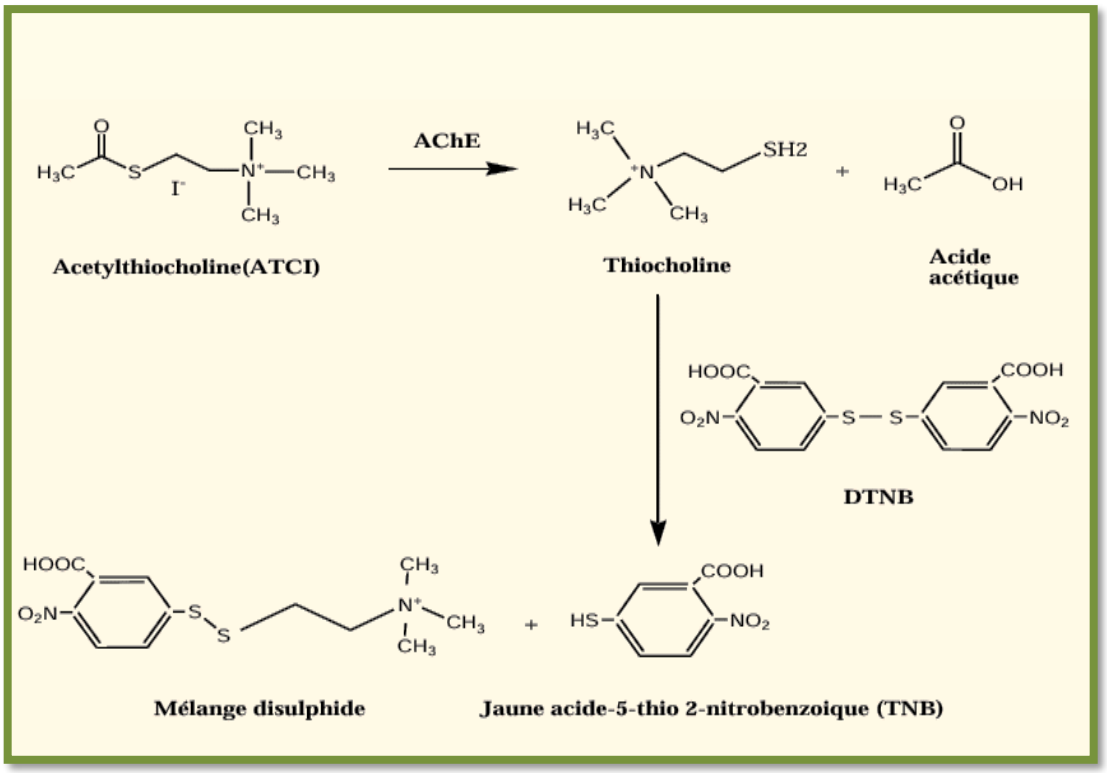


Figure *26* : Principe de la méthode d'Ellman **(Ellman et al., 1961)**.

➢ **Mode Opératoire**

Un volume de 150 µL de tampon phosphate (100 mM, pH 8) a été mélangé avec 10 µL d'extrait à différentes concentrations, puis 20 µL de solution de BChE ont été ajoutés selon a méthode d'Ellman **(Ellman et *al*., 1961)**. Après incubation à 25 °C pendant 15 min, 10 µL de DTNB (0,5 mM) et 10 µL de butyrylthiocholine chlorure ont été incorporés. L'absorbance a été mesurée à 412 nm à différents temps (0, 5, 10 et 15 min). La galantamine a été utilisée comme standard de référence **(Annexe V)**. Le pourcentage d'inhibition enzymatique a été calculé selon la formule suivante :

$$(\%)\ \text{d'inhibition de AChE ou BChE} = \frac{E - S}{E} \times 100$$

* **E** : Activité enzymatique du contrôle. ***S** : Activité enzymatique en présence de l'extrait.

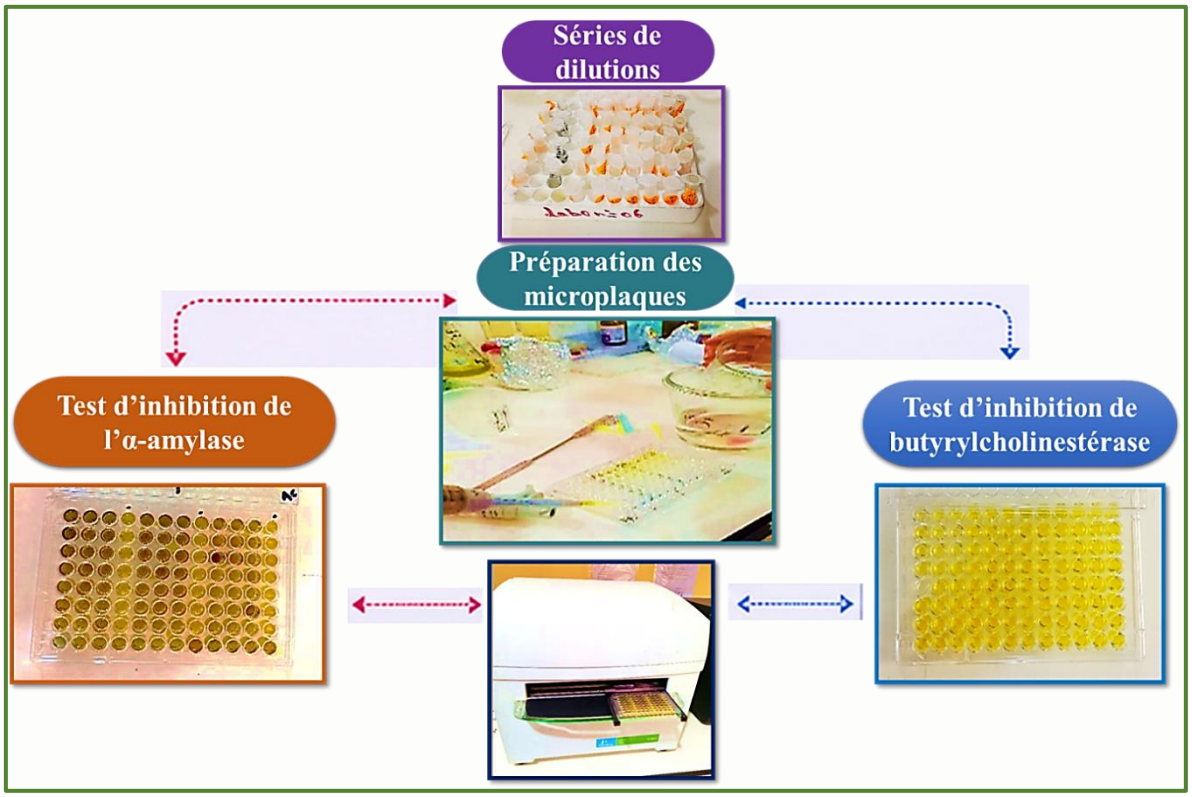


Figure 27 : Différents tests d'évaluation de l'activité enzymatique des deux plantes.

I.4.4. Évaluation de l'activité antimicrobienne

Cette partie de l'étude a été réalisée au sein de l'Université de Mila. L'activité antimicrobienne a été évaluée par la méthode de diffusion en gélose (agar well diffusion) selon la méthode décrite par **Negasa et *al*. (2024)**, contre les souches utilisées **(Annexe VI).**

- ***Préparation du milieu :*** les milieux (Mueller-Hinton agar (MHA) pour les bactéries et le Sabouraud Dextrose Agar (SDA) pour les champignons) sont préparé, coulé en boîtes de Pétri (90 mm) puis laissé à solidifier.
- ***Préparation des souches :*** les suspensions des souches utilisées sont ajustées à 0,5 McFarland (≈ $1,5 \times 10^8$ UFC/mL).
- ***Ensemencement :*** la surface de la gélose est ensemencée à l'aide d'un écouvillon stérile.
- ***Dépôt des extraits :*** des puits de 6 mm ont reçu 40 µL d'extrait. Le DMSO (5 %) et la gentamicine (30 µg) ont servi de témoins négatif et positif, respectivement.
- ***Incubation et lecture :*** Après diffusion (30-40 min), les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 h (48 h pour les champignons), puis les zones d'inhibition sont mesurées.



Figure 28 : Protocole de l'activité microbienne des deux extraits.

I.5. Analyse statistique

Chaque essai a été réalisé en triple et les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (SD). Les valeurs de IC_{50} et $A_{0,50}$ ont été déterminées par régression linéaire.

II. Résultats et Discussion

II.1. Détermination du rendement d'extraction

Les rendements d'extraction des feuilles d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus* sont présentés dans la figure (29) correspondante et exprimés en pourcentage massique (%). Le rendement de l'extrait hydroéthanolique **(Ext HE)** a été calculé selon la formule :

$$R\% = \left(\frac{Me}{Mp}\right) \times 100$$

***Me** : masse de l'extrait sec. ***Mp :** masse de la poudre végétale.

Après fractionnement, le rendement de la fraction à l'acétate d'éthyle **(Ext AcOEt)** a été déterminé selon l'équation suivante :

$$R\% = \left(\frac{Mf}{Me}\right) \times 100$$

***Mf :** masse de la fraction obtenue. ***Me :** masse de l'extrait brut utilisée.

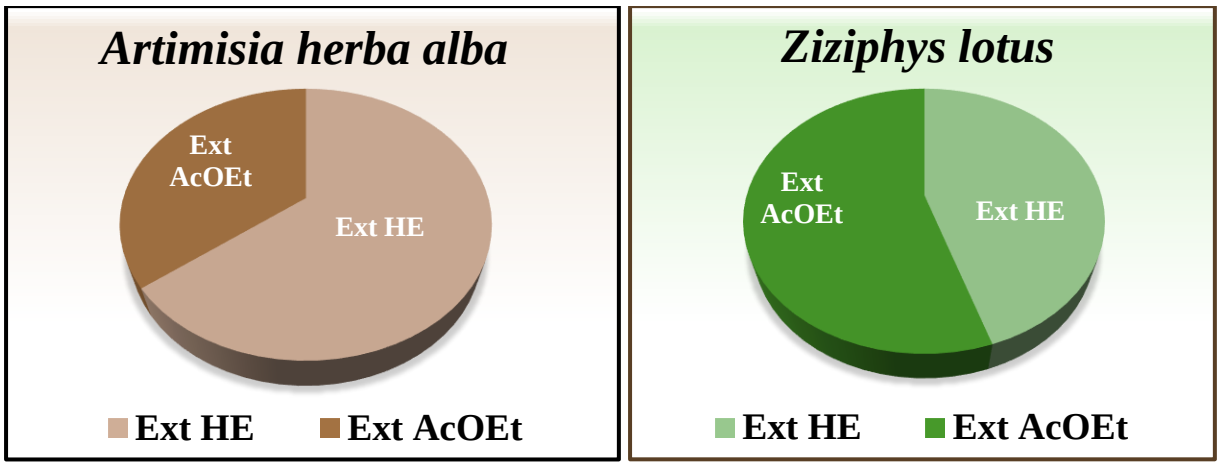


Figure 29 : Rendement des extraits hydroéthanolique et ethyle acétate.

Les résultats présentés dans la figure (29) montrent que l'extrait hydroéthanolique d'*Artemisia herba-alba* **(Ext : HE Art)** a présenté un rendement de **24,73 %,** tandis que celui de *Ziziphus lotus* **(Ext HE Ziz)** était de **20,22 %.** Après fractionnement à l'acétate d'éthyle **(Ext AcOEt)**, les rendements obtenus étaient respectivement de **13,56 %** et **24,74 %.**

Pour ***Artemisia herba-alba***, le rendement plus élevé de l'extrait hydroéthanolique suggère l'extraction d'un large éventail de métabolites secondaires de polarités variées. En revanche, la faible proportion de la fraction à l'acétate d'éthyle indique une teneur plus limitée en composés semi-polaires. Des résultats similaires ont été rapportés pour plusieurs espèces du genre *Artemisia* **(Dai et Mumper, 2010).**

Concernant ***Ziziphus lotus***, la fraction à l'acétate d'éthyle a présenté le rendement le plus élevé (24,74 %), ce qui pourrait refléter une richesse en composés semi-polaires, notamment certains composés phénoliques et flavonoïdes **(Bakhtaoui et *al.*, 2014 ; Elaloui et *al.*, 2016).**

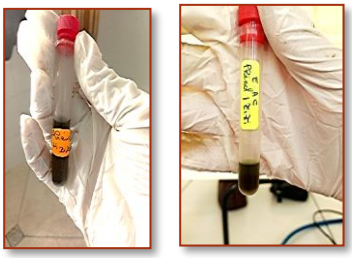
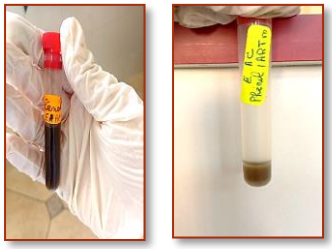
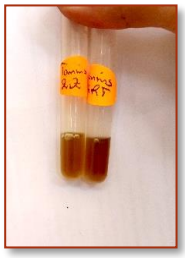
Les différences observées entre les deux espèces peuvent être attribuées à leur composition phytochimique spécifique ainsi qu'à la polarité des solvants utilisés, qui influence directement l'extraction des métabolites secondaires **(Azwanida, 2015).**

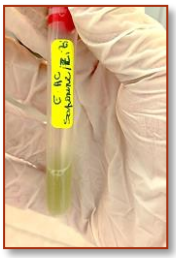
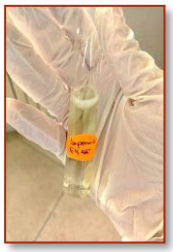
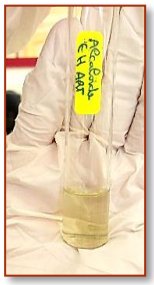
II.2. Étude phyto-chimique

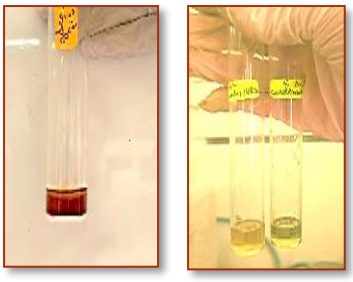
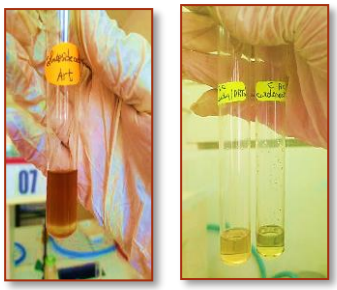
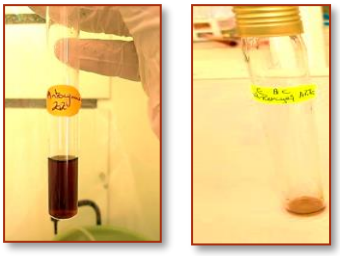
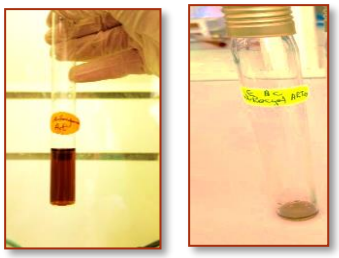
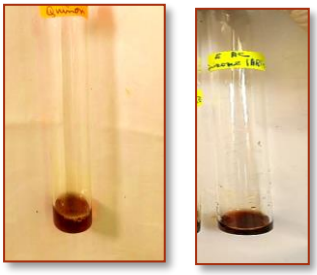
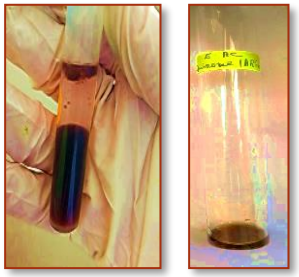
II.2.1. Analyse qualitative

Le criblage phytochimique est une étape préliminaire permettant d'identifier les principales classes de métabolites secondaires présentes dans les plantes médicinales. Dans cette étude, il a été réalisé sur les extraits hydroéthanoliques **(HE)** et les fractions à l'acétate d'éthyle (**AcOEt)** d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus.* La détection des différents groupes phytochimiques repose sur des réactions spécifiques de coloration, de précipitation ou de solubilité. Les résultats du criblage phytochimique (**Tableau 5**) confirment la richesse d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus* en métabolites secondaires bioactifs.

Tableau 5 : Résultats du criblage phytochimique des extraits des deux plantes.

Composants	***Photos***		***Résultat***
Phénols			**(+++)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
Tanins			**(+)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	

Flavonoïdes	 	 	**(+)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
Saponines	 	 	**Ziz (+++)** **Art (+)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
Alcaloïdes	 	 	**(+)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
Glycosides Stéroïdiques et Terpenoides	 	 	**(+++)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	

Glycosides Cardiaques			**HE (+++)** **AcOEt (-)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
Anthocyanines			**(+++)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
Quinones			**(+++)**
	Ziz (HE+ AcOEt)	**Art (HE+ AcOEt)**	
(+++) : importante quantité ; **(+) : petite quantité ;** **(-) : absence.**			

L'analyse phytochimique d'***Artemisia herba-alba*** a mis en évidence une richesse en terpénoïdes, composés phénoliques, flavonoïdes, saponines et autres métabolites bioactifs, susceptibles de contribuer à ses activités biologiques. Les composés phénoliques et flavonoïdiques sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, tandis que les terpénoïdes sont souvent associés à des activités anti-inflammatoires et antimicrobiennes **(Boudjelal et *al.*, 2013 ; Amirat et *al.*, 2019).** Ces résultats confirment le potentiel biologique d'*A. herba-alba* et concordent avec les travaux de **Chaudhary et *al.* (2021)**, qui ont également rapporté la présence de plusieurs de ces groupes chimiques au sein du genre *Artemisia.*

Pour ***Ziziphus lotus***, l'analyse phytochimique a également montré une richesse importante en métabolites secondaires. Les phénols ont été fortement présents dans les deux extraits, tandis que les saponines et les anthocyanines ont été particulièrement abondantes dans l'extrait hydroéthanolique (HE). Ces résultats concordent avec ceux rapportés par **Zazouli et *al.* (2025)**, ainsi que par **Boulanouar et *al.* (2013)**, qui ont souligné la richesse de *Z. lotus* en composés phénoliques, flavonoïdes et autres substances bioactives. La richesse de *Ziziphus lotus* en composés phénoliques pourrait contribuer à ses propriétés biologiques.

Les différences observées entre les extraits sont probablement liées à la polarité des solvants utilisés. Globalement, les deux espèces se distinguent par leur richesse en composés bioactifs d'intérêt pharmacologique.

II.2.2. Analyse quantitative

II.2.2.1. Détermination des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols

Afin d'évaluer la richesse phytochimique des extraits d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus,* les teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols ont été déterminées.

Les quantifications ont été réalisées à partir des équations de régression obtenues à partir des courbes d'étalonnage de l'acide gallique et de la quercétine. Les courbes d'étalonnage correspondantes sont présentées en **(Annexe VII).** Les résultats obtenus dans cette étude sont présentés dans la **figure 30** et le **tableau 6.**

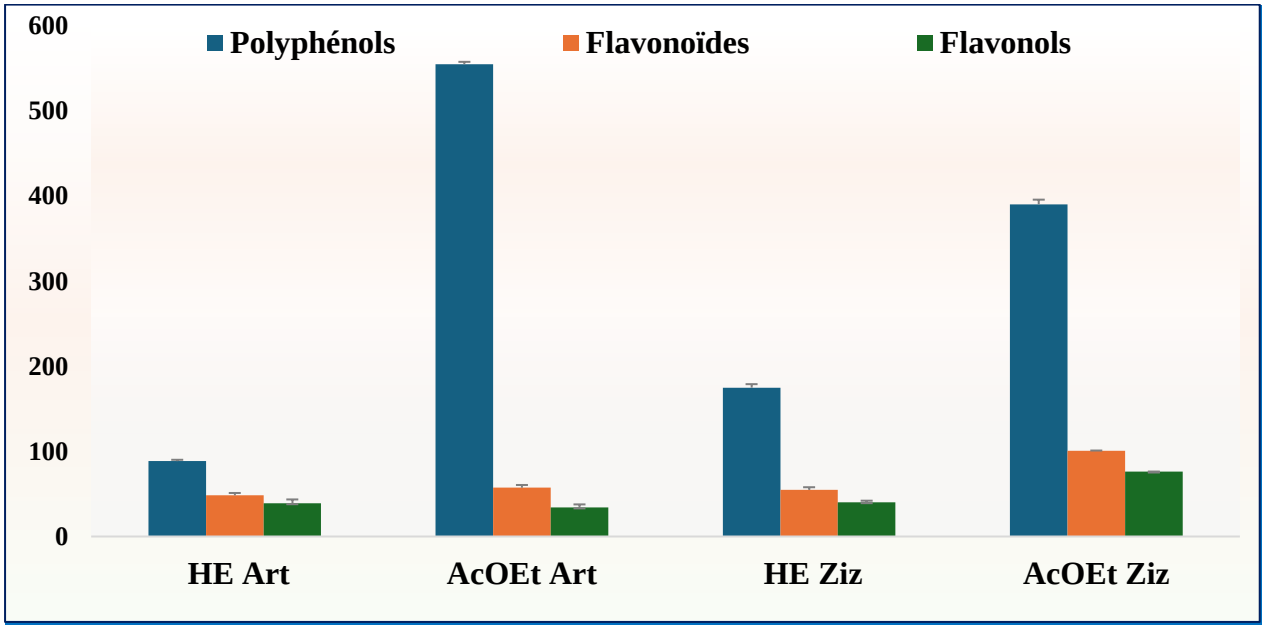


Figure 30 : Comparaison des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols des différents extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz).

Tableau 6 : Teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols des déférents extraits.

Extrait	*Polyphénols (µg GAE/mg extrait)*	*Flavonoïdes (µg QE /mg d'extrait)*	*Flavonols (µg QE /mg d'extrait)*
HE Art	88,51 ± 1.62	44.32 ± 2.8	38.94 ±4.60
AcOEt Art	554.88 ± 2.84	57.29 ± 3.22	34.01 ± 3.70
HE Ziz	174.88 ± 4.12	54.7 ± 3.18	40.16 ± 1.90
AcOEt Ziz	390.33 ± 5.46	100.83 ± 0.16	76.17 ±0.14

Les résultats obtenus montrent que les fractions à l'acétate d'éthyle des deux plantes présentent les teneurs les plus élevées en polyphénols et en flavonoïdes, confirmant l'efficacité de ce solvant dans l'extraction des composés phénoliques.

Chez ***Artemisia herba-alba,*** la fraction à l'acétate d'éthyle (AcOEt) s'est distinguée par sa richesse en composés phénoliques et flavonoïdiques. Ces résultats sont globalement comparables à ceux rapportés par **khennouf *et al.* (2010**) qui ont également observé une forte concentration de ces métabolites dans les extraits de cette espèce. Les écarts observés par rapport aux données de la littérature peuvent être attribués à plusieurs facteurs, notamment les conditions pédoclimatiques, la période de récolte, l'origine géographique du matériel végétal et les méthodes d'extraction employées.

Concernant ***Ziziphus lotus,*** les résultats ont également révélé des teneurs importantes en polyphénols et en flavonoïdes, particulièrement dans la fraction à l'acétate d'éthyle (AcOEt). Ces observations concordent avec les travaux d' **Elaloui *et al.* (2017)** et de **Benslama *et al*. (2017)**, qui ont souligné la richesse de cette espèce en composés phénoliques bioactifs. Cette richesse en métabolites secondaires pourrait être liée aux mécanismes d'adaptation de la plante aux conditions environnementales et à son système de défense naturel.

Dans l'ensemble, les deux espèces étudiées se distinguent par leur richesse en composés phénoliques, particulièrement dans les fractions à l'acétate d'éthyle, ce qui pourrait contribuer à leurs activités biologiques et antioxydantes.

II.3. Les activités biologiques des deux plantes

II.3.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus* a été évaluée par les méthodes DPPH, ABTS, FRAP et phénanthroline. Les résultats ont été exprimés en IC_{50} et en $A_{0.50}$.

II.3.1.1. Effet anti-radicalaire par le test au DPPH•

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le test DPPH, basé sur la capacité des antioxydants à neutraliser le radical libre DPPH•. Les résultats obtenus, exprimés en IC_{50}, sont présentés dans la (**figure 31**).

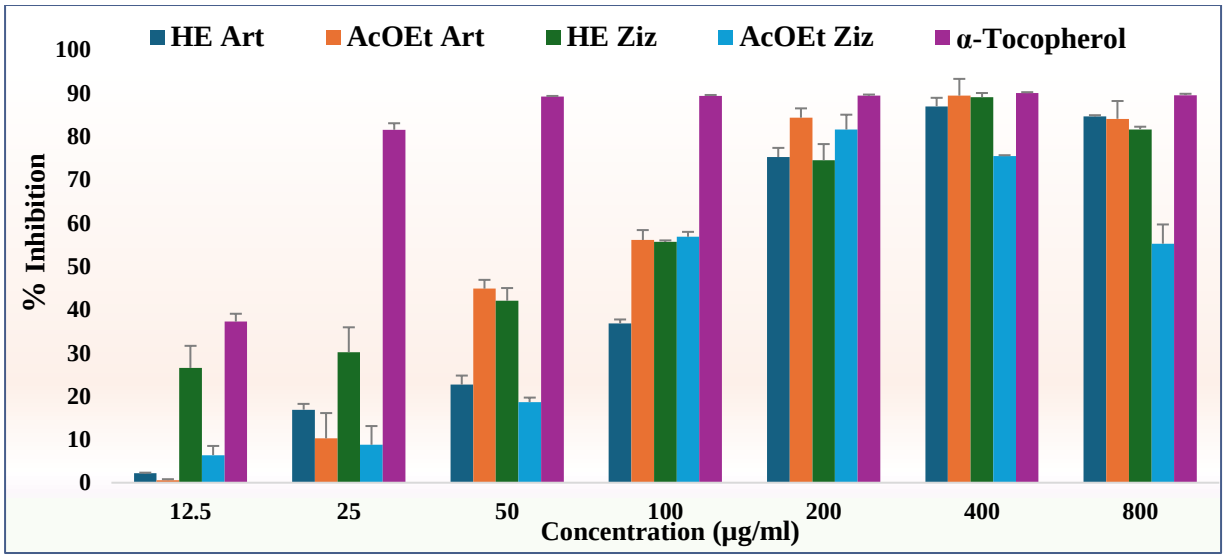


Figure 31 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par les différents extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz) en fonction de la concentration. Les résultats sont exprimés en moyenne ± SD (n = 3).

Les extraits de ***Ziziphus lotus*** ont montré une activité antiradicalaire modérée, avec des valeurs de IC_{50} comprises entre 80 et 90 µg/mL. Cette activité pourrait être attribuée à la présence de composés phénoliques et flavonoïdiques capables de céder des atomes d'hydrogène et de neutraliser les radicaux libres ou la diminution de l'intensité de la coloration violette reflète ainsi le pouvoir antiradicalaire des extraits analysés **(Molyneux, 2004)**. Bien que ces résultats soient inférieurs à ceux rapportés par **Benslama *et al.* (2017),** pour les extraits méthanoliques, ils confirment néanmoins le potentiel antioxydant de cette espèce.

Chez ***Artemisia herba-alba,*** l'extrait à l'acétate d'éthyle (AcOEt) a présenté une meilleure activité que l'extrait hydroéthanolique (HE). Cette différence pourrait être liée à sa richesse en composés phénoliques, déjà mise en évidence lors du dosage quantitatif. Dans les deux cas, l'α-tocophérol qui a présenté une IC_{50} de 13,02 ± 5,17 µg/mL, et qui a montré une activité nettement supérieure, confirmant son fort pouvoir antioxydant.

Ces résultats concordent avec ceux de **Laouini *et al.* (2018)**, qui ont mis en évidence une corrélation entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante.

II.3.1.2. Activité de piégeage du radical cation $ABTS^{\bullet+}$

L'activité antioxydante des extraits a également été évaluée par le test ABTS, les résultats étant exprimés en IC_{50} **(Figure 32).**

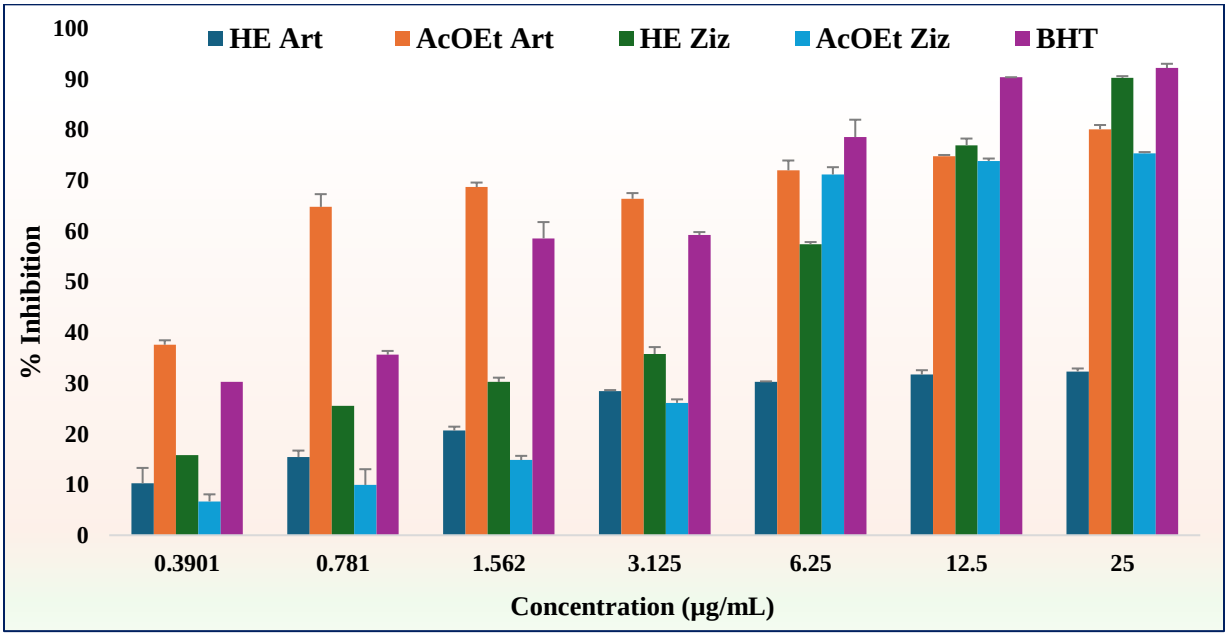


Figure 32 : Pourcentage d'inhibition du radical $ABTS^{\bullet+}$ par les extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz) en fonction de la concentration. Les résultats sont exprimés en moyenne ± SD (n = 3).

Pour ***Artemisia herba-alba,*** l'extrait hydroéthanolique (HE) a présenté une meilleure activité (IC_{50} ≈ 49 µg/mL), que la fraction (AcOEt). Selon **Saunoriūtė *et al.* (2023)**, les variations de l'activité antioxydante observées chez les espèces du genre *Artemisia* sont étroitement liées aux teneurs en composés phénoliques et aux conditions de croissance.

Les extraits de ***Ziziphus lotus*** ont présenté une forte activité antioxydante avec des valeurs de IC_{50} comprises entre 5 et 6 µg/mL, traduisant une capacité élevée de neutralisation du radical

ABTS$^{\bullet+}$. Ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés par **Laouini *et al.* (2018)**, dont les valeurs variaient entre : 24,55 et 37,57 µg/mL selon la méthode d'extraction. Cependant, le BHT a présenté une activité plus importante avec une IC_{50} comprise entre :

1,29 ± 0,30 et 1,55 ± 0,26 µg/mL.

II.3.1.3. Activité du pouvoir réducteur (FRAP)

L'évaluation du pouvoir réducteur par la méthode FRAP a montré que les extraits des deux espèces possèdent une capacité à réduire les ions ferriques, traduisant un pouvoir antioxydant appréciable, exprimée en $A_{0.50}$ **(Figure 33).**

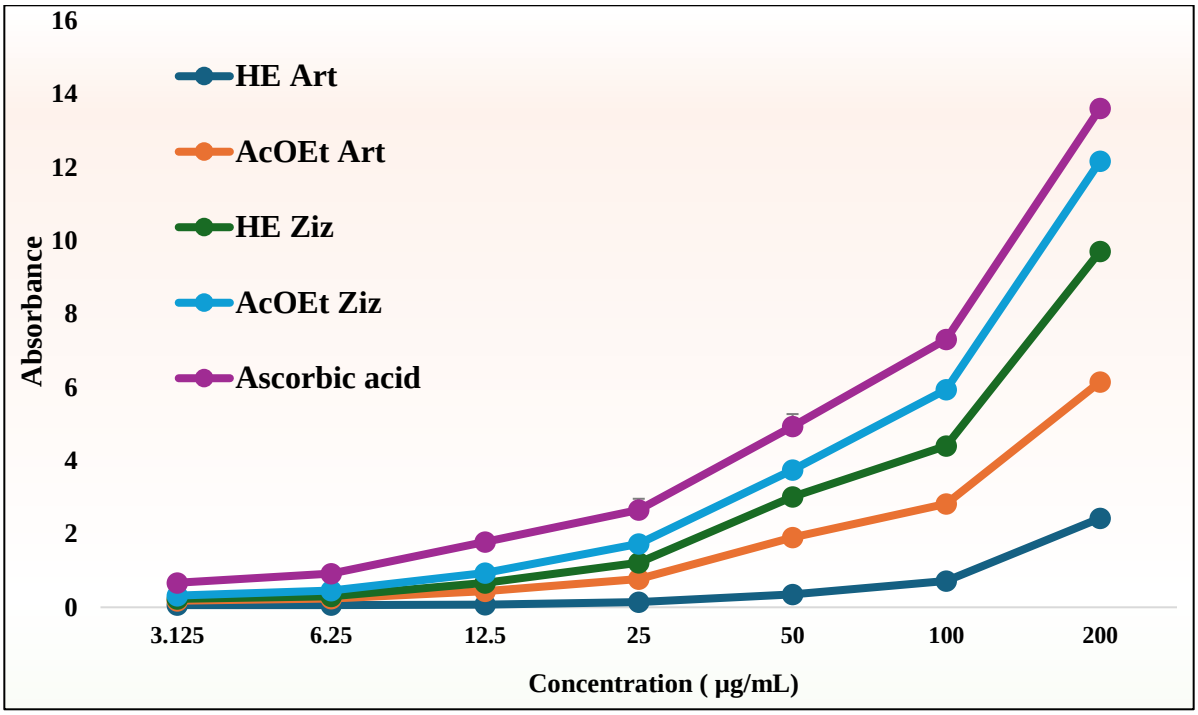


Figure 33 : Activité réductrice (FRAP) des différents extraits.

Chez ***Artemisia herba-alba,*** la fraction à l'acétate d'éthyle a présenté la meilleure activité réductrice. Les valeurs obtenues sont plus intéressantes que celles rapportées par **Fatmi et *al.* (2022)**, dont les EC_{50} variaient entre 5,03 et 5,35 mg/mL pour différents extraits de la même espèce.

Pour ***Ziziphus lotus,*** l'extrait hydroéthanolique a présenté une valeur d'$A_{0.50}$ d'environ 60 ± 2,67 µg/mL, tandis que l'acide ascorbique a montré une activité nettement supérieure avec une valeur de 6,77 ± 1,15 µg/mL. Ces résultats restent cohérents avec ceux rapportés par **Reche et *al.* (2021)**, qui ont souligné le potentiel antioxydant des espèces du genre *Ziziphus.*

II.3.1.4. Activité de réduction par la formation du complexe Fe^{2+}-phénantroline

Les résultats du test Fe^{2+}-phénanthroline, exprimés en $A_{0.50}$, indiquent que les deux espèces possèdent une capacité de réduction du fer **(Figure 34).**

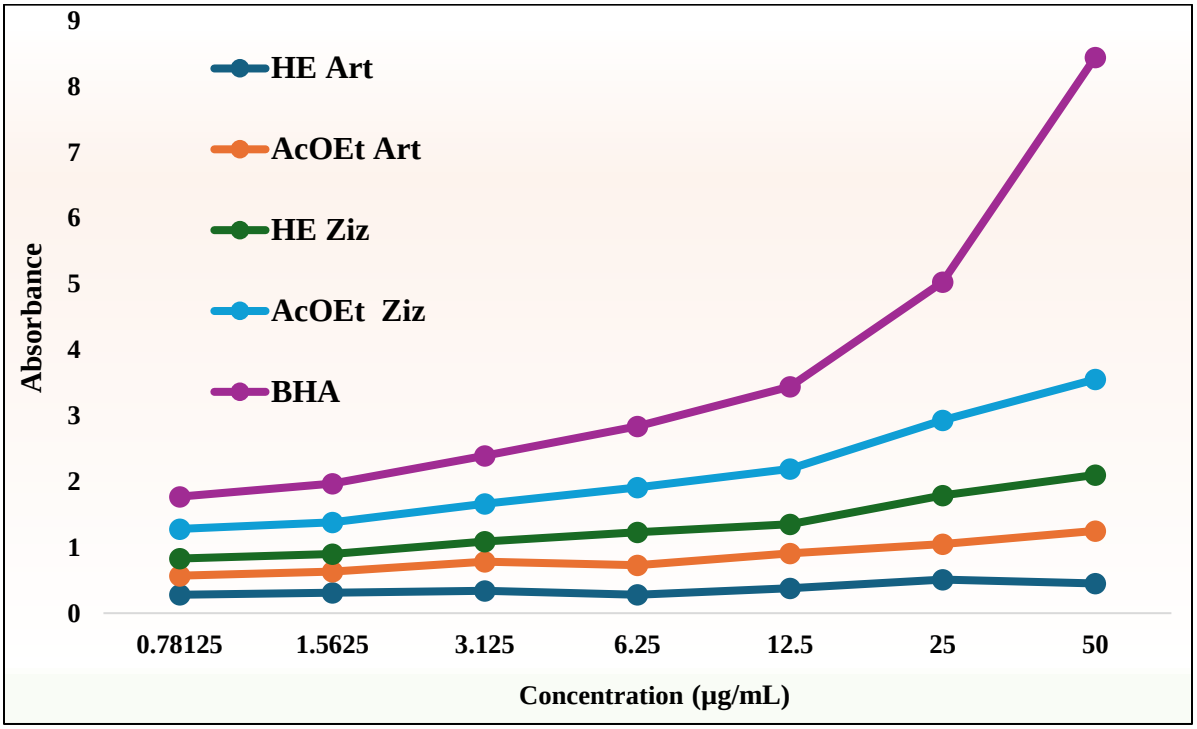


Figure 34 : Activité de réduction du complexe Fe^{2+}-phénanthroline des différents extraits d'*Artemisia herba-alba* (Art) et de *Ziziphus lotus* (Ziz).

Pour ***Artemisia herba-alba***, la fraction à l'acétate d'éthyle a également présenté la meilleure activité, tandis que le BHA a montré l'effet le plus marqué avec une valeur d'$A_{0.50}$ de 0,93 ± 0,07 µg/mL. Ces résultats sont globalement en accord avec ceux de **Zahnit et *al.* (2022)** sur *Artemisia campestris,* bien que les activités observées dans notre étude soient légèrement plus faibles.

Les extraits de ***Ziziphus lotus*** ont présenté des valeurs d'$A_{0.50}$ d'environ 25 ± 3,01 µg/mL, tandis que l'acide ascorbique a montré une activité plus élevée ($A_{0.50}$ = 6,77 ± 1,15 µg/mL). Comparativement à une étude de **Benkahoul et *al.* (2026)** qui ont rapporté une meilleure activité pour la fraction à l'acétate d'éthyle de *Z. lotus* ($A_{0.50}$ = 8,38 ± 0,69 µg/mL), suggérant une influence importante des conditions d'extraction et de la composition phytochimique.

Globalement, les extraits d'*Artemisia herba-alba* et de *Ziziphus lotus* ont montré une activité antioxydante notable, particulièrement pour les fractions à l'acétate d'éthyle. Cette activité semble étroitement liée à leur richesse en composés phénoliques et flavonoïdiques, suggérant un rôle important de ces métabolites dans le potentiel antioxydant des extraits étudiés.

II.3.2. Activité Anti-inflammatoire (*in vitro*)

L'activité anti-inflammatoire des extraits de *Ziziphus lotus* et *Artemisia herba-alba* a été évaluée *in vitro* par la méthode d'inhibition de la dénaturation de l'albumine sérique bovine (BSA). Les résultats obtenus **(Figure 35)** sont exprimés en IC_{50} afin de comparer le potentiel inhibiteur des différents extraits qui sont montrent une variation significative de l'activité anti-inflammatoire selon la plante et le type d'extrait.

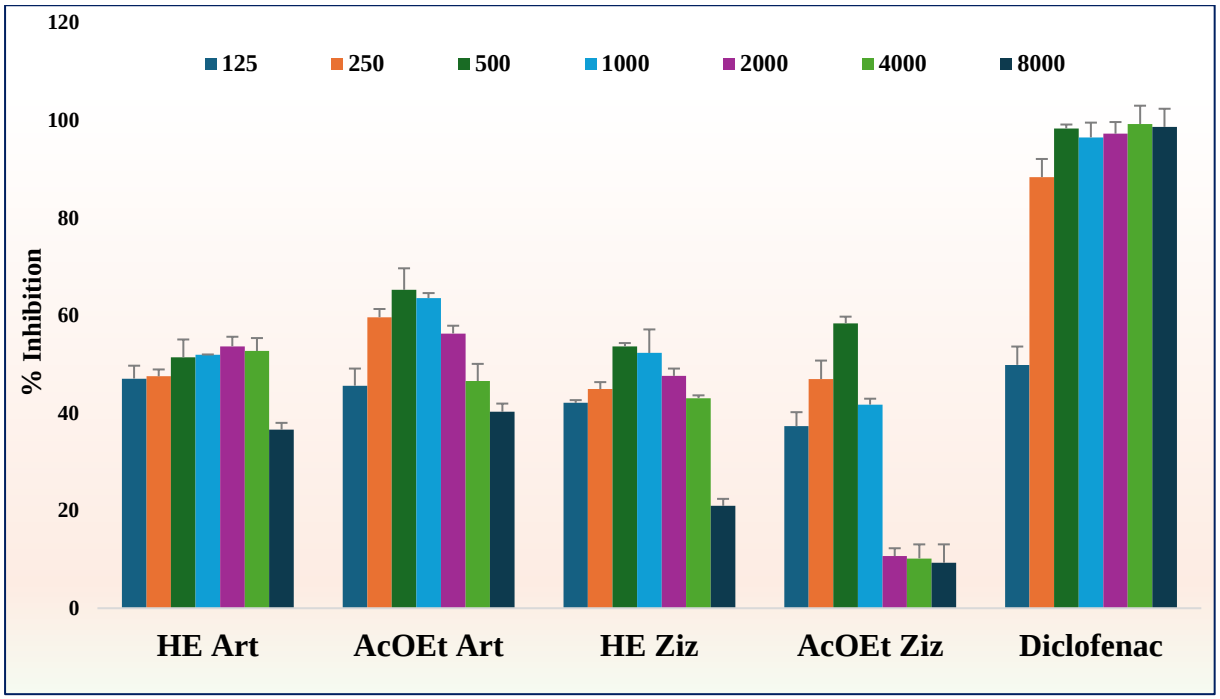


Figure 35 : Activité inhibitrice des déférents extraits des deux plantes sur la dénaturation de la BSA, exprimée en pourcentage d'inhibition.

Les résultats de l'espèce ***Artemisia herba-alba,*** l'activité est plus marquée dans l'extrait à l'acétate d'éthyle (IC_{50} = 145,11 ± 2,86 µg/mL), comparativement à l'extrait hydroéthanolique (HE) (451,76 ± 3,36 µg/mL), indiquant une forte activité inhibitrice de cette fraction. Ces résultats concordent partiellement avec **Bouchara *et al.* (2021)**, qui ont montré une activité anti-inflammatoire variable selon les solvants.

Pour ***Ziziphus lotus*** montrent une activité anti-inflammatoire modérée, l'extrait à l'acétate d'éthyle présente une IC_{50} de 345,56 ± 2,96 µg/mL, légèrement plus active que l'extrait hydroéthanolique (387,80 ± 3,26 µg/mL). Cette différence suggère une meilleure extraction des composés bioactifs dans la fraction semi-polaire. Ces résultats confirment les données de **Bencheikh *et al.* (2023),** qui ont rapporté une activité anti-inflammatoire significative de cette

espèce in vivo. L'activité observée pourrait être attribuée à la présence de composés phénoliques capables de stabiliser les protéines et de limiter leur dénaturation.

Les fractions à l'acétate d'éthyle (AcOEt) ont présenté les meilleures activités, probablement en raison de leur richesse en métabolites bioactifs. Bien que moins actives que le diclofénac, elles montrent un potentiel anti-inflammatoire intéressant.

II.3.3. Activité enzymatique

L'activité enzymatique des extraits de *Ziziphus lotus* et *Artemisia herba-alba* a été évaluée à travers l'inhibition de l'α-amylase et de la butyrylcholinestérase, afin d'estimer leur potentiel antidiabétique et anticholinestérasique.

II.3.3.1. Activité antidiabétique (inhibition de l'α-amylase)

Les résultats de l'activité inhibitrice de l'α-amylase sont présentés afin d'évaluer le potentiel antidiabétique des extraits des deux plantes étudiées **(Figure 36).**

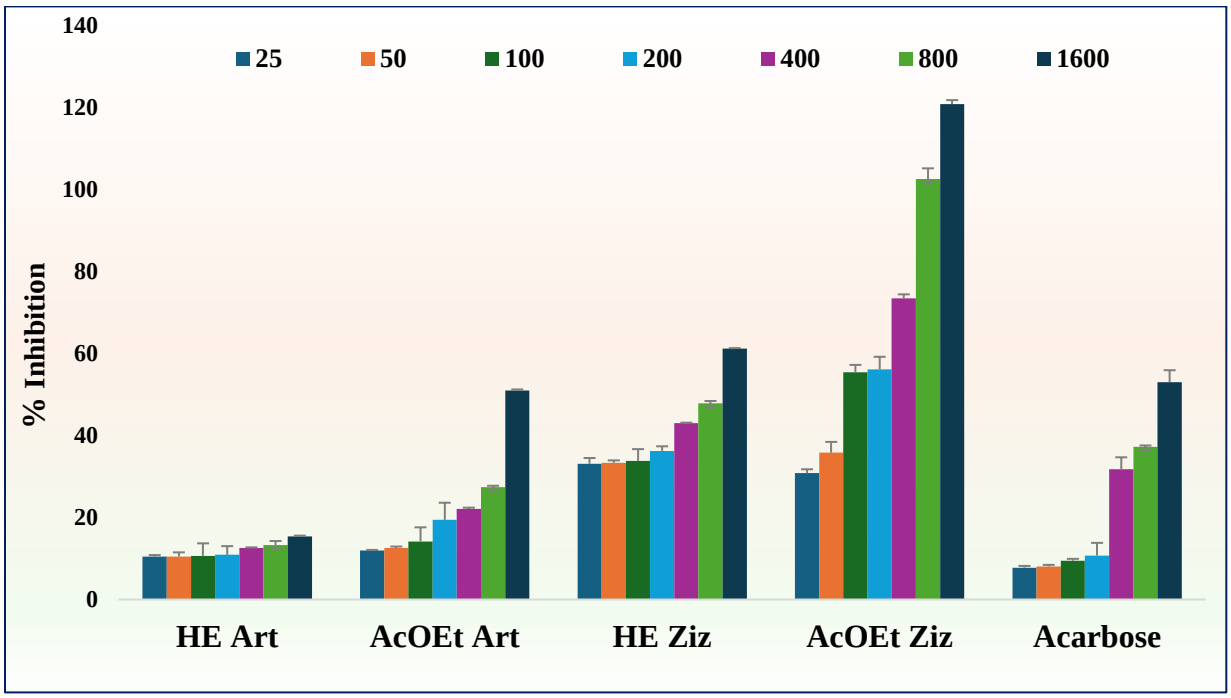


Figure 36 : Pourcentage d'inhibition de l'α-amylase des extraits de *Artemisia herba-alba* (Art) et *Ziziphus lotus* (Ziz).

Chez ***Artemisia herba-alba,*** les extraits présentent une activité faible, avec des IC_{50} élevées (1567,7 ± 96,3 µg/mL pour AcOEt et >1600 µg/mL pour HE). Ces résultats restent inférieurs à ceux rapportés par **Hbika *et al.* (2022)** sur *Artemisia absinthium,* ce qui peut s'expliquer par des différences interspécifiques et la variabilité en composés bioactifs (polyphénols, flavonoïdes).

Pour ***Ziziphus lotus,*** l'extrait à l'acétate d'éthyle (AcOEt) présente une IC_{50} d'environ 100 ± 11,6 µg/mL, traduisant une activité inhibitrice modérée, proche des valeurs rapportées par **Zahoor et *al.* (2019)** et supérieur à celle de l'acarbose (3650,93 ± 1,70 µg/mL), utilisé comme contrôle positif. L'extrait hydroéthanolique (HE) montre une faible activité (928,6 ± 132,4 µg/mL), pouvant s'expliquer par une faible concentration en composés actifs ou par une moindre efficacité des constituants polaires.

II.3.3.2. Activité anticholinesterase (Inhibition de l'enzyme butyrylcholinestérase)

Les résultats de l'activité inhibitrice de la butyrylcholinestérase sont présentés afin d'apprécier le potentiel anticholinestérasique des différents extraits (**Figure 37**).

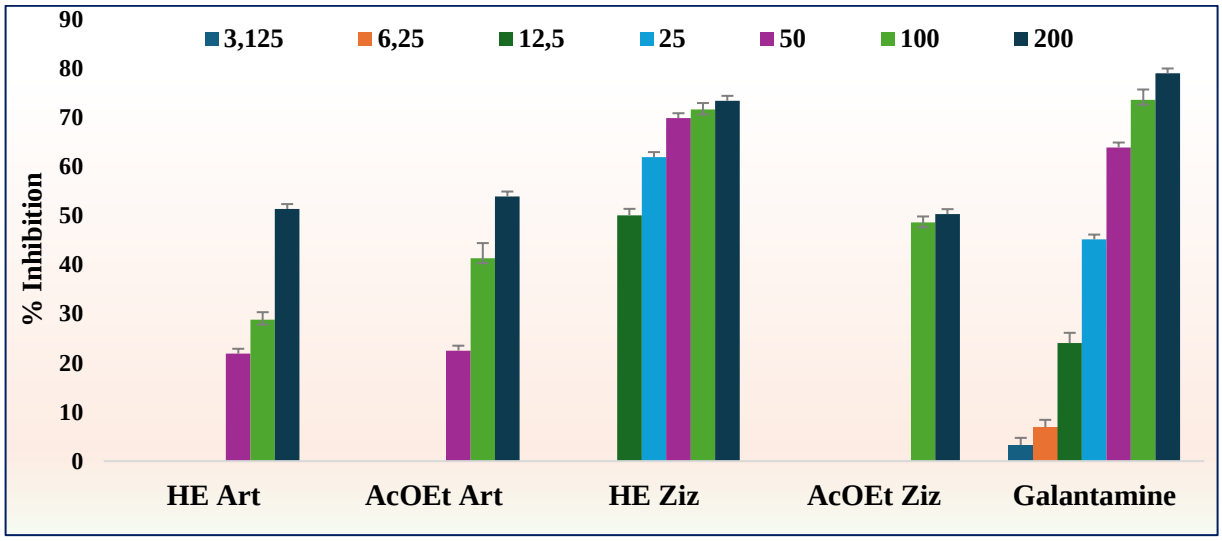


Figure 37 : Pourcentage d'inhibition de l'activité butyrylcholinestérase des extraits de *Artemisia herba-alba* (Art) et *Ziziphus lotus* (Ziz).

Pour ***Artemisia herba-alba,*** l'activité anti-BChE est globalement faible, avec une IC_{50} de 175,88 ± 2,86 µg/mL pour l'extrait à l'acétate d'éthyle et 196,60 ± 3,08 µg/mL pour l'extrait hydroalcoolique. La galantamine reste nettement plus efficace dans tous les cas. Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par **Zahnit et *al.* (2022)** sur *Artemisia campestris,* confirmant l'influence de la variabilité interspécifique et des conditions d'extraction sur l'activité enzymatique.

Chez ***Ziziphus lotus,*** l'extrait hydroalcoolique montre la meilleure activité inhibitrice de la butyrylcholinestérase, suivi de l'extrait à l'acétate d'éthyle (IC_{50} = 174,96 ± 3,96 µg/mL), tandis que la galantamine reste beaucoup plus active (34,75 ± 1,99 µg/mL). Ces résultats indiquent une activité modérée des extraits naturels par rapport au standard. Comparativement à **Zare-Zardini**

***et al*. (2013)** sur *Ziziphus jujuba,* des variations sont observées, probablement dues aux différences d'espèces, de composition phytochimique et de conditions d'extraction.

Globalement, les extraits à l'acétate d'éthyle présentent une meilleure activité enzymatique dans la majorité des cas, suggérant l'implication de composés bioactifs de polarité intermédiaire. Toutefois, les standards de référence restent significativement plus efficaces, confirmant la supériorité des inhibiteurs de synthèse.

II.3.4. Activité Antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des extraits hydroéthanoliques (HE) et à l'acétate d'éthyle (AcOEt) de *Ziziphus lotus* et *Artemisia herba-alba* a été évaluée contre plusieurs souches bactériennes, une levure et un champignon par la méthode de diffusion sur gélose. Cette activité a été déterminée à partir du diamètre des zones d'inhibition (mm) observées autour des puits contenant les extraits, après 24 à 72 heures d'incubation à 37 °C. L'inhibition de la croissance microbienne se manifeste par un halo translucide autour du puits. Selon le diamètre de la zone d'inhibition, les souches sont classées comme non sensibles (Φ < 8 mm) ou sensibles (Φ ≥ 9 mm) **(Annexe VIII).**

A) L'espèce A*rtemisia herba-alba*

Les résultats de l'activité antimicrobienne des extraits d'*Artemisia herba-alba* obtenus par la méthode de diffusion sur gélose sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Activité antimicrobienne des extraits d'*Artemisia herba-alba.*

		Φ (mm)						
Gram / Type	**Souches microbiennes**	**Extrait HE**			**Extrait AcOEt**			Gentamicine
		50	**100**	**200**	**50**	**100**	**200**	
Gram+	***Bacillus subtilis***	12.3 ±1.5	12.5 ± 1	14 ± 1	14.7 ±0.6	19 ±1	21 ±1	28.7± 1.5
Gram+	***Staphylococcus aureus***	-	-	10.20 ±0.1	-	-	-	29.7± 0.6
Gram-	***Pseudomonas aeruginos***	-	-	-	-	-	-	21.3± 0.6
Gram-	***Escherichia coli***	-	-	-	-	-	13.0 ±1	18.7± 2.1
	Fusarium sp.	-	-	-	-	8.5 ±0.7	9.5 ±2	/
	C. albicans	-	-	-	-	-	-	/

Valeurs exprimées en moyenne ± écart-type (n = 3). **(-) : *Pas d'activité.***

Les extraits d'***Artemisia herba-alba*** ont montré une activité dépendante du type d'extrait et de la souche étudiée. L'extrait (HE) a inhibé *Bacillus subtilis* à toutes les concentrations testées, *Staphylococcus aureus* uniquement à 200 mg/mL *et Pseudomonas aeruginosa* à 50 mg/mL. Aucune activité n'a été observée contre *Escherichia coli*, la levure et le champignon. L'extrait (AcOEt) a présenté la meilleure activité, avec une inhibition de *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* à toutes les concentrations. Une activité antifongique a également été observée contre *Fusarium sp.* , alors qu'aucun effet inhibiteur n'a été enregistré contre *Candida albicans*, cette différence de sensibilité pourrait être liée aux caractéristiques biologiques propres à chaque espèce fongique. Ces observations sont en accord avec les travaux de **Liu *et al.* (2023)**, qui ont rapporté une activité antimicrobienne significative chez des espèces du genre *Artemisia,* particulièrement contre les bactéries à Gram positif. Cette sensibilité plus élevée pourrait être liée à la structure de leur paroi cellulaire, plus accessible aux métabolites secondaires bioactifs.

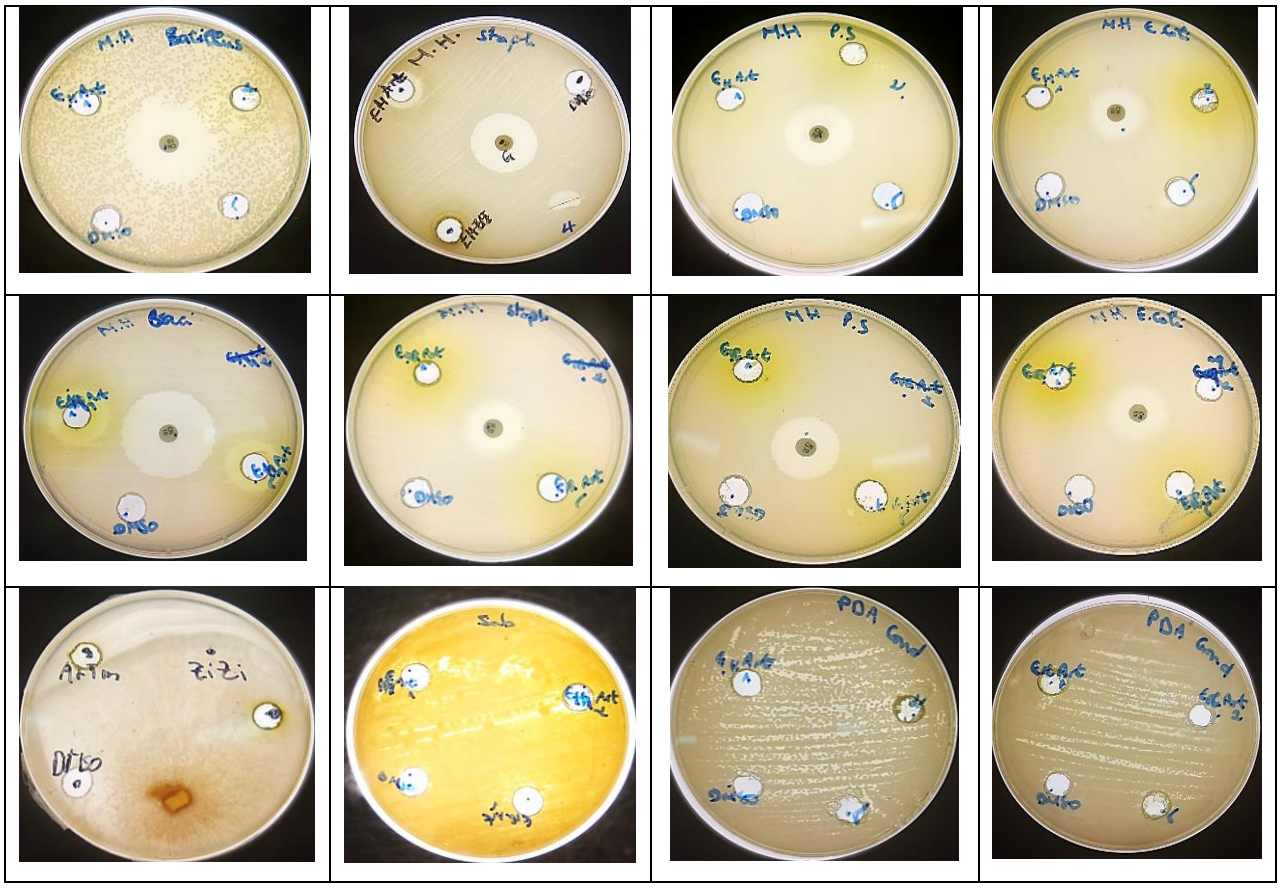


Figure 38 : Photos originales représentatives des zones d'inhibition obtenues par les extraits d'*Artemisia herba-alba* par la méthode de diffusion sur gélose vis-à-vis les souches testées.

EH : extrait hydroéthanolique; **Eth:** extrait à acétate d'ethyle; **1:** 200 mg/ml ; **2:** 100mg/ml ; **5:** 50mg/ml ; **DMSO :** témoin négatif ; **G :** gentamicine (témoin positif).

B) L'espèce *Ziziphys lotus*

Les résultats de l'activité antimicrobienne des extraits de *Ziziphus lotus* obtenus par la méthode de diffusion sur gélose sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Activité antimicrobienne des extraits de *Ziziphus lotus*.

		Φ (mm)						
Gram / Type	**Souches microbiennes**	**Extrait HE**			**Extrait AcOEt**			Gentamicine
		50	**100**	**200**	**50**	**100**	**200**	
Gram+	***Bacillus subtilis***	12.3 ± 0.6	14.0 ± 1	14.7 ± 1.5	12.0 ± 1	15.3 ± 0.6	15.7 ± 0.6	29.7± 0.6
Gram+	***Staphylococcus aureus***	-	14.0 ± 1.2	16.0 ± 1	9.0 ± 1	10.0 ± 0.7	17.0 ± 0.5	29.0± 0.04
Gram-	***P. aeruginos***		-	-	-	-	-	20.3± 1.2
Gram-	***E. coli***	-	-	-	-	-	-	19.3± 1.5
	Fusarium sp.	-	-	-	13.0 ± 1	18.0 ± 1	25.0 ± 1	/
	C. albicans	-	-	-	-	-	-	/

Valeurs exprimées en moyenne ± écart-type (n = 3). **(-) : *Pas d'activité.***

Les résultats montrent une sensibilité variable des microorganismes selon le type d'extrait et la concentration utilisée. L'extrait hydroéthanolique a présenté une activité contre *Bacillus subtilis* à toutes les concentrations testées ainsi qu'une faible activité contre *Pseudomonas aeruginosa* à 50 mg/mL. En revanche, aucune inhibition n'a été observée contre Escherichia coli, la levure et le champignon.

L'extrait à l'acétate d'éthyle s'est révélé plus actif, notamment contre *Bacillus subtilis* à toutes les concentrations testées tandis qu'une faible activité contre *Escherichia coli* n'a été enregistrée qu'à 50 mg/mL. Une activité antifongique a également été observée contre *Fusarium sp* tandis qu'aucune inhibition n'a été enregistrée contre *Candida albicans,* ces résultats suggèrent une plus grande sensibilité de *Fusarium sp* aux composés bioactifs présents dans la fraction à l'acétate d'éthyle.

Ces résultats rejoignent ceux rapportés par **Abcha *et al.* (2021)**, qui ont mis en évidence une activité antimicrobienne de *Z. lotus* contre plusieurs bactéries Gram positif et Gram négatif. Cette

activité pourrait être attribuée à la présence de composés phénoliques et de flavonoïdes capables d'altérer l'intégrité des membranes microbiennes. La gentamicine, utilisée comme contrôle positif, a présenté une activité antimicrobienne supérieure à celle des extraits étudiés, tandis que le DMSO (contrôle négatif) n'a montré aucun effet inhibiteur, confirmant la validité des résultats obtenus.

Globalement, les extraits AcOEt ont montré la meilleure activité antimicrobienne pour les deux espèces étudiées. Outre leur efficacité contre certaines bactéries, ils ont également présenté une activité antifongique contre *Fusarium sp.*, alors que *C. albicans* s'est révélé résistant à l'ensemble des extraits testés. Cette activité pourrait être liée à leur richesse en composés phénoliques et autres métabolites secondaires bioactifs **(Abcha et *al.*, 2021 ; Liu et *al.*, 2023)**.

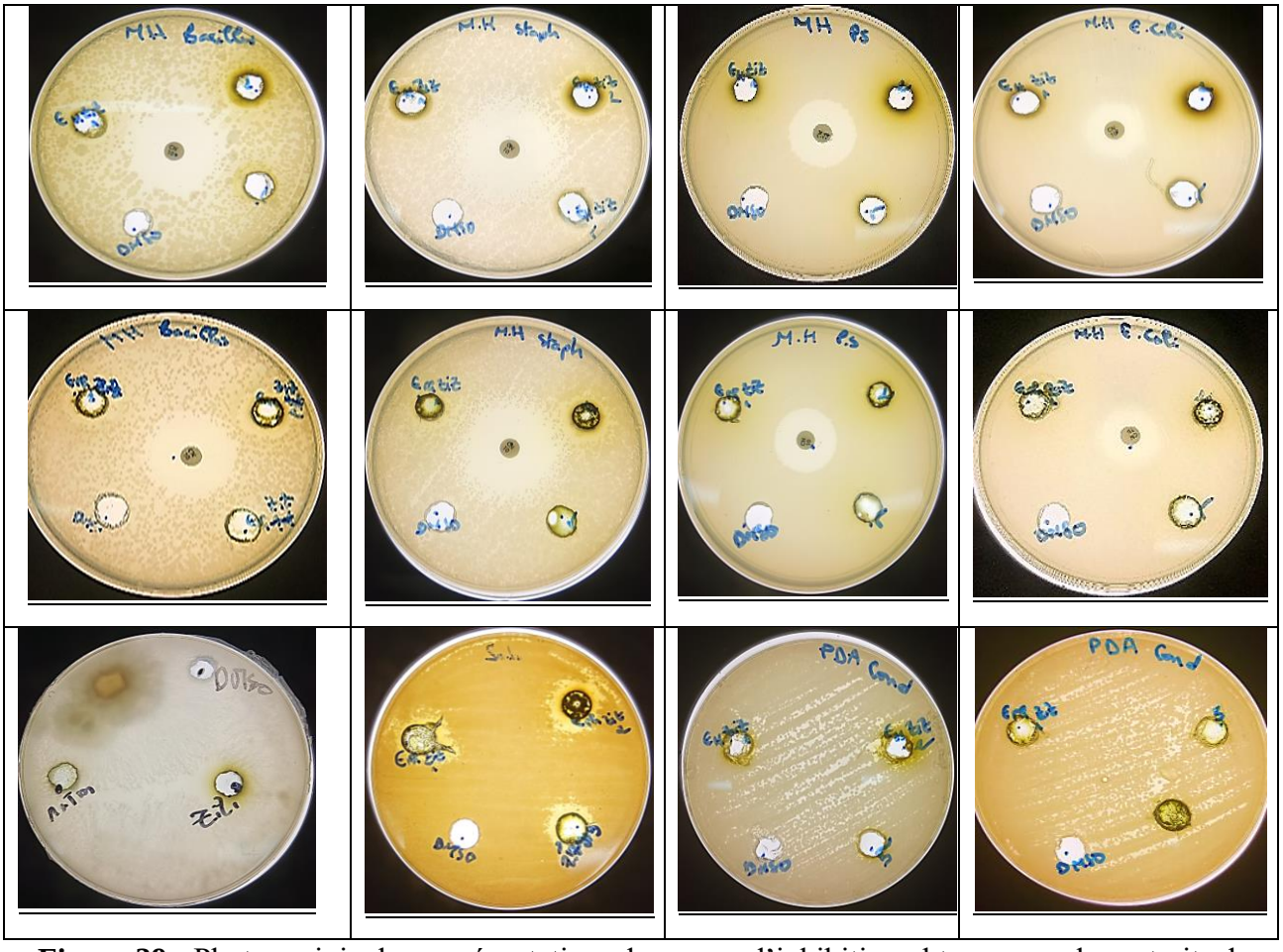


Figure 39 : Photos originales représentatives des zones d'inhibition obtenues par les extraits de Zizyphus lotus par la méthode de diffusion sur gélose vis-à-vis les souches testées.
EH : extrait hydroéthanolique **; Eth:** extrait à acétate d'ethyle; **1:** 200 mg/ml **; 2:** 100mg/ml **; 5:** 50mg/ml ; **DMSO :** témoin négatif ; **G :** gentamicine (témoin positif).

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives

L'intérêt grandissant porté aux ressources naturelles dans la recherche biomédicale a favorisé une revalorisation significative des plantes médicinales en tant que sources potentielles de molécules thérapeutiques. Dans ce contexte, ***Artemisia herba-alba*** et ***Ziziphus lotus*** apparaissent comme des espèces particulièrement prometteuses en raison de leur richesse en métabolites secondaires et de la diversité de leurs activités biologiques.

L'étude phytochimique a mis en évidence la présence de plusieurs familles de composés bioactifs dans les deux espèces étudiées. Les résultats ont montré que les fractions à l'acétate d'éthyle (AcOEt) sont les plus riches en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols par rapport aux extraits hydroéthanoliques (HE). Cette différence est principalement liée à la polarité des solvants, qui influence l'extraction des composés d'intérêt.

Les évaluations biologiques ont révélé des activités antioxydantes remarquables, mises en évidence par les tests DPPH, ABTS, FRAP et à la phénanthroline. Les extraits les plus riches en composés phénoliques ont généralement présenté les meilleures performances, suggérant une corrélation entre leur composition chimique et leur potentiel biologique.

Par ailleurs, les extraits étudiés ont démontré des activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes et inhibitrices vis-à-vis de l'α-amylase et de la butyrylcholinestérase, soulignant ainsi leur intérêt dans la prévention ou l'accompagnement de certaines pathologies liées au stress oxydatif, aux infections, au diabète ou aux maladies neurodégénératives.

Les résultats mettent en évidence le potentiel de *Artemisia herba-alba* et *Ziziphus lotus* comme sources de composés bioactifs, nécessitant des études complémentaires pour confirmer leurs effets et mécanismes d'action. À cet effet, il serait pertinent de :

- Isoler et identifier les molécules bioactives responsables des activités observées à l'aide de techniques avancées (HPLC, LC-MS/MS, RMN).
- Réaliser des études pharmacologiques et toxicologiques *in vivo* afin d'évaluer l'efficacité et la sécurité d'emploi des extraits.
- Explorer d'autres propriétés biologiques d'intérêt, notamment les activités anticancéreuses et neuroprotectrices.
- Envisager le développement de formulations à visée pharmaceutique, nutraceutique ou cosmétique à partir des extraits les plus prometteurs.

Références bibliographiques

A

- **Abad, M. J., Bedoya, L. M., Apaza, L., & Bermejo, P. (2012).** The *Artemisia L.* genus: A review of bioactive essential oils. *Molecules,* 17(3), 2542–2566.
- **Abcha I., Ben Haj Said L., Salmieri S., Criado P., Nefati1 M. and Lacroix M. (2021).** Optimization of extraction parameters, characterization and assessment of bioactive properties of *Ziziphus lotus* fruit pulp for nutraceutical potential. *European Food Research and Technology*, 247*(9),* 2193–2209.
- **Abdallah, E. M., Alhatlani, B. Y., Menezes, R. P., & Martins, C. H. G. (2023).** Back to nature: Medicinal plants as promising sources for antibacterial drugs in the post-antibiotic era. *Plants,* 12(17), 3077. https://doi.org/10.3390/plants12173077
- **Abduali, N., Awadh, H. S., Hasan, J. A., & Hasan, H. M. (2026).** *Artemisia herba-alba*: Phytochemical profile, bioactive compounds, pharmacological and anticancer properties: A systematic review. *Scientific Journal for the Faculty of Science – Sirte University*. https://doi.org/10.37375/hpexek87
- **Adhikamsetty, R.K., Gollapalli, N.R., Jonnalagadda, S.B. (2008).** Complexation kinetics of Fe2+ with 1, 10-phenanthroline forming ferroin in acidic solutions. *International Journal of Chemical Kinetics*, 40, 515-523.
- **Adzu, B., Amos, S., Dzarma, S., Wambebe, C., & Gamaniel, K. (2003).** Effect of *Zizyphus lotus* root bark extract on blood glucose levels of normoglycemic and alloxan-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 87(2–3), 255–259.
- **Agatonovic K, S., Mortona, D., & Yusof, P. A. (2014).** Reversed phase HPTLC-DPPH free radical assay as a screening method for antioxidant activity in marine crude extracts. *Oceanography,*2(4), e112.
- **Aidoud.A, (1983).** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud Oranais (Thèse de 3ème cycle, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, Alger).
- **Akrout, A. (2004).** Étude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). In : Ferchichi, A. (comp.), Ferchichi, A. (collab.). *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. Zaragoza : CIHEAM, p. 289–292 (*Cahiers Options Méditerranéennes*, n° 62).

- **Alla, C., Ali, A., Mehiou, A., Salhi, Y., Bouanani, N., Legssyer, A., & Ziyyat, A. (2025).** Phytochemical composition of *Ziziphus lotus* (L.) Lam and its impact on the metabolic syndrome: A review. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences, 2025*, 8276090. https://doi.org/10.1155/adpp/8276090
- **Amirat, M., Bendif, H., Rebbas, K., & Hamel, T. (2019).** Étude ethnobotanique et phytochimique d'*Artemisia herba-alba* dans les régions steppiques algériennes.
- **Anton A. A., Ross K. A., Lukow O. M., Fulcher R. G., & Arntfield S. D. (2008).** Influence of added bean flour *(Phaseolus vulgaris L.)* on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chemistry*. 109 : 33-41.
- **Ayad, N. (2008).** Étude éco-phytochimique et apport nutritionnel de l'armoise blanche *(Artemisia herba-alba Asso)* du sud Oranais dans l'aliment du cheptel (Doctoral dissertation, Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbès, Algeria).
- **Azwanida, N. N. (2015).** A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. *Medicinal & Aromatic Plants,* 4(3), 196.

B

- **Ba, K., Tine, E., Destain, J., Cissé, N., &Thonart, P. (2010).** Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14(1), 131-139.
- **Baba Aissa, F. (2000).** Encyclopédie des plantes utiles. *Flore d'Algérie et du Maghreb : Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident.* Édition Librairie Moderne, Rouiba.
- **Bakhtaoui, F. Z., Lakmichi, H., Megraud, F., Chait, A., & Gadhi, C. E. A. (2014).** *Gastro-protective, anti-Helicobacter pylori and antioxidant properties of Moroccan Zizyphus lotus L. Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(10), 81–87.
- **Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008)**. Biological effects of essential oils: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- **Bamouh, A. (2002).** Valorisation des espèces fruitières spontanées au Maroc : Cas de *Ziziphus lotus*. In *Actes du Colloque sur les Plantes Méditerranéennes*, 45–52.

- **Bellakhdar, J. (1997).** *La pharmacopée marocaine traditionnelle : médecine arabe ancienne et savoirs populaires.* Ibis Press, Paris.
- **Ben Haj Koubaier, H., Chouaibi, M., Snoussi, A., Bouacida, S., & Bouzouita, N. (2024).** Correlation study of multi-element composition and oxidative stability of *Ziziphus lotus Lam.* seed oils collected from different regions of Tunisia. *Journal of the Tunisian Chemical Society*, 26, 45–58.
- **Ben Moussa, M. T., Khelil, K., Harkat, H., Lakehal, S., & Hadef, Y. (2020).** Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of *Brocchia cinerea VIS.* from Algeria. *Batna Journal of Medical Sciences*, 7(2), 122–128
- **Bencheikh, N., Radi, F. Z., Fakchich, J., Elbouzidi, A., Ouahhoud, S., Ouasti, M., Bouhrim, M., Ouasti, I., Hano, C., & Elachouri, M. (2023).** Ethnobotanical, phytochemical, toxicological, and pharmacological properties of *Ziziphus lotus (L.) Lam:* A comprehensive review. *Pharmaceuticals*, **16**(4), 575. https://doi.org/10.3390/ph16040575
- **Bendavid, C. (2009).** *Biochimie PCEM 1 : Cours enzymologie.* [En ligne]. Disponible sur : https://facmed.univ-rennes1.fr (Consulté le 27 mars 2026).
- **Benkahoul, M., Bramki, A., Benslama, O., Toumi, M. E., Maghboune, I., Varela, R. M., & García Zorrilla, J. (2026).** Phytochemical profiling and antioxidant properties of *Ziziphus lotus (L.)* fruits supported by xanthine oxidase inhibition and molecular docking. *Plants,* 15, 708.
- **Benslama, A., Harrar, A., Gül, F., & Demirtaş, I. (2017).** Phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities of *Zizyphus lotus L.* leaves extracts. *Natural Products Journal,* 7(1), 1–7.
- **Berkani, M., et al. (2021).** Ethnobotanical study of medicinal plants used in Algeria: Focus on *Zizyphus lotus. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, 15(1), 143–151. https://doi.org/10.21608/eajbsc.2023.287532
- **Bezza L, Mannarino A, Fattarsi K, Mikail C, Abou L, Hadji-Minaglou F, and Kaloustian J. (2010).** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie). *Phytothérapie*. 8(5), 277-281.
- **Bhambhani, S., Kondhare, K. R., & Giri, A. P. (2021).** Diversity in chemical structures and biological properties of plant alkaloids. *Molecules*, 26(11), 3374.

- **Bhambhani, S., Kondhare, K. R., & Giri, A. P. (2021).** Diversity in chemical structures and biological properties of plant alkaloids. *Molecules,* 26(11), 3374. https://doi.org/10.3390/molecules26113374
- **Bhutkar, M. A., & Bhise, S. B. (2012).** In vitro assay of alpha amylase inhibitory activity of some indigenous plants. *International Journal of Chemical Sciences,* 10(1), 457-462.
- **Bindu, S., Mazumder, S., & Bandyopadhyay, U. (2020).** Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) and organ damage: A current perspective. *Biochemical Pharmacology*, 180, 114-147.
- **Blois M.S., 1958.** Antioxidant determinations by the use of a stable Free Radical. *Nature*, 4617 (181) : 1119-1200
- **Borgi, W. et Chouchane, N. (2009).** Anti-spasmodic effects of *Zizyphus lotus (L.) Desf.* extracts on isolated rat duodenum. *Journal of Ethnopharmacology*, 126(3), 571-573.
- **Bouchara, N., Senejoux, F., Fraisse, D., Felgines, C., Caldefie-Chezet, F., Vasson, M.-P., Madani, K., & Rossary, A. (2021).** Anti-inflammatory and prolonged protective effects of *Artemisia herba-alba* extracts via glutathione metabolism reinforcement. *South African Journal of Botany,* 142, 206–215.
- **Boudjelal, A., Henchiri, C., Siracusa, L., Sari, M., & Ruberto, G. (2013).** Composés phytochimiques et usages traditionnels des plantes médicinales en Algérie. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(41), 3007-3017.
- **Boudjema, K., Temmimi, K., Azine, K., Hali, L., Fazouane, F., & Nahoui, N. E. H. (2022).** Screening phytochimique et activités biologiques d'extrait méthanolique obtenu à partir de la plante *Melissa officinalis* L. *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, *8*(1), 1–10.
- **Boukherouba, I., Bouzaroura, B. E., Lamda, C., & Nedjar, A. E. (2022).** *Étude ethnobotanique et thérapeutique des plantes médicinales de la région Nord-Est de l'Algérie.* Université 8 Mai 1945, Guelma.
- **Boulanouar, B., Abdelaziz, G., Aazza, S., Gago, C., & Miguel, M.G. (2013).** Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. *Industrial Crops and Products*, 46, 85–96.

- **Bouzidi, N. (2016).** *Étude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche (Artemisia herba-alba Asso).* Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mustapha Stambouli, Mascara.
- **Bozimowski, G. (2015).** A review of nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *AANA Journal,* 83(6), 425–433.
- **Bramki, A., Benouchenne, D., Salvatore, M. M., Benslama, O., Andolfi, A., Rahim, N., Moussaoui, M., Ramoul, S., Nessah, S., Barboucha, G., Bensouici, C., Cimmino, A., García Zorrilla, J., & Masi, M. (2024).** *In Vitro* and In Silico Biological Activities Investigation of Ethyl Acetate Extract of *Rubus ulmifolius Schott* Leaves Collected in Algeria. *Plants*, 13 (23), 3425. https://doi.org/10.3390/plants13233425
- **Bruneton, J. (1999).** *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales.* Technique & Documentation, Paris, pp. 721–741.
- **Bruneton, J. (2009).** *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales* (4e éd.). Tec & Doc/Lavoisier, Paris, pp. 279–281.
- **Burke, J. P., Williams, K., Narayan, K. V., Leibson, C., Haffner, S. M., & Stern, M. P. (2003).** *A population perspective on diabetes prevention: whom should we target for preventing weight gain. Diabetes Care*, 26 (7), 1999–2004.

C

- **Cardinale, V. (2001).** *Les candidoses vaginales récidivantes à Candida albicans.* Thèse d'exercice en pharmacie, Université Henri Poincaré, Nancy I, France.
- **Chaudhary, R., Maharjan, B., Bharati, S., Shrestha, T., Mishra, P. K., Karanjit, S., Bhattarai, D. P., Homagai, P. L., & Shrestha, R. L. (2021).** Phytochemical screening, GC-MS analysis and biological activities of extracts of *Artemisia vulgaris Linn. Amrit Research Journal,* 2(1), 83–92
- **Cheriti, A., Rahmani, S. & Belboukhari, N. (2016).** Evaluation de l'activité antiinflammatoire d'extraits aqueux de feuilles *Limoniastrum feei (Plumbaginacea). Algerian Journal of Arid Environment*, 6(1), 80-86.
- **Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., & Teissèdre, P. L. (2008).** Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2), 75-82.

- **Colletier, J. P. (2006).** *Étude des relations structure-dynamique-fonction au sein de l'acétylcholinestérase.* Thèse de doctorat en biochimie, Université Joseph Fourier-Grenoble I, Grenoble, France.
- **Collin, S., & Crouzet, J. (2011).** *Polyphénols et procédés : transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agroalimentaire.* Paris : Tec & Doc/Lavoisier, 337 p. ISBN : 978-2-7430-1338-7
- **Conaghan, P. G. (2012).** A turbulent decade for NSAIDs: update on current concepts of classification, epidemiology, comparative efficacy, and toxicity. *Rheumatology International*, 32(6), 1491–1502.
- **Crismon, M.L. (1998).** Pharmacocinetics and Drug interaction of cholinesterase Inhibitors Administered in Alzheimer's disease. *Pharmacotherapy*, 18(2) : 47.
- **Cummings, J. L., & Cole, G. (2002).** Alzheimer disease. *Journal of the American Medical Association*, 287(18), 2335–2338.

D

- **Dai, J., & Mumper, R. J. (2010).** Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15, 7313–7352.
- **Danja, S., Jonas, G., Nathalie, W., & Katharina, O. (2016).** *Bacillus subtilis manual.* iGEM Team Bonn–Freiburg.
- **Das, A. K., Islam, M. N., Faruk, M. O., Ashaduzzaman, M., & Dungani, R. (2020).** Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, 135, 58–70.
- **Delphine, L. (2008).** *Étude pharmacochimique et chimiotaxonomique d'éponges du genre Dysidea.* Mémoire de master, École de Chimie, Physique et Électronique de Lyon, Lyon, France, 68 p.
- **Demidchik, V. (2015).** Mechanisms of oxidative stress in plants: From classical chemistry to cell biology. *Environmental and Experimental Botany*, 109, 212–228. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.06.021
- **Dunière, L., Thevenot-Sergentet, D., & Loukiadis, E. (2012).** *Les Escherichia coli* zoonotiques pathogènes. *Bulletin des GTV*, 62, 117–126.

E

- **Edeas, M. (2007).** Les polyphénols et les polyphénols de thé. *Phytothérapie,* 5(5), 264-270.
- **Elaloui, M., Ennajah, A., Ghazghazi, H., Ben Youssef, I., Ben Othman, N., Rabeh, M., Hajlaoui, H., Khouja, A., & Laamouri, A. (2017).** Quantification of total phenols, flavonoides and tannins from *Ziziphus jujuba (Mill.) and Ziziphus lotus (L.) (Desf*.) leaf extracts and their effects on antioxidant and antibacterial activities. *International Journal of Secondary Metabolite, 4*(1), 18–26. https://doi.org/10.21448/ijsm.275886
- **Elaloui, M., et al. (2016).** *Phytochemical screening and antioxidant activities of Ziziphus lotus. South African Journal of Botany,* 108, 41–46.
- **Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V., & Featherstone, R. M. (1961).** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology,* 7(2), 88–95.
- **Eloukili, M. (2013).** Valeur nutritive de l'armoise blanche *(Artemisia herba-alba). Journal of Ethnopharmacology*, 16(2–3), 275–278.
- **El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Mohammed, D. M., Korma, S. A., Alshahrani, M. Y., Ahmed, A. E., et *al*. (2025).** Medicinal plants: bioactive compounds, biological activities, combating multidrug-resistant microorganisms, and human health benefits—A comprehensive review. *Frontiers in Immunology*, 16, 1491777. https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1491777
- **Escott, S., Harlin, K., & Klein, D. (2006).** *Microbiologie* (2e édition française). De Boeck.
- **Esmeeta, A., Adhikary, S., Dharshnaa, V., Swarnamughi, P., Maqsummiya, Z. U., Banerjee, A., Pathak, S., & Duttaroy, A. K. (2022).** Plant-derived bioactive compounds in colon cancer treatment: An updated review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113384.

F

- **Faraj, T. S., Al-Mansouri, A. A. M., & Mohammed, M. Y. (2025).** Comprehensive Review of the Phytochemistry, Biological Activities, and Ecological Relevance of *Artemisia herba-alba. Bayan Scientific Journal*, 7(20), 366–374. https://doi.org/10.37375/bsj.v7i20.3643
- **Fatmi, W., Bellik, Y., Mekhoukh, N., Souagui, Y., Bensouilah, T., & Guergour, H. (2022).** Phytochemical screening and antioxidant activity of *Artemisia herba-alba* and *Olea europaea*

L. leaf extracts growing in the North-East of Algeria. *Indian Journal of Novel Drug Delivery*, 14(3), 149–158.

- **Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012).** *Flore et diversification des plantes médicinales en Algérie.* Rome, Italie : FAO.

G

- **Gacem, M. A., Khelil, A., Boudjemaa, B., & Gacem, H. (2020).** Phytochemistry, toxicity and pharmacology of Pistacia lentiscus, *Artemisia herba-alba* and *Citrullus colocynthis. Sustainable Agriculture Reviews*, 39, 57–93. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38881-2_3
- **Ghasemian, M., Owlia, S., & Owlia, M. B. (2016).** Review of anti-inflammatory herbal medicines. *Advances in Pharmacological Sciences*, 2016, 9130979. https://doi.org/10.1155/2016/9130979
- **Ghedira K. (2013).** *Zizyphus lotus (L.*) Desf. (Rhamnaceae) : jujubier sauvage. *Ethnobotanique–monographie,* 11, 149-153.
- **Guelailia, M., & Belabid, W. (2021).** *Étude ethnobotanique des plantes médicinales et aromatiques dans la région de Laghouat.* Mémoire de master, Université Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie
- **Guenther, E. (1975).** *The essential oils* (Vols. 2–6). D. Van Nostrand Company.

H

- **Hatzidimitriou E., Nenadis N., Tsimidou M. Z. (2007).** Changes in the catechin and epicatechin content of grape seeds on storage under different water activity (aw) conditions. *Food Chemistry,* 105 : 1504-1511.
- **Hbika, A., Daoudi, N. E., Bouyanzer, A., Bouhrim, M., Mohti, H., Loukili, E. H., Mechchate, H., Al-Salahi, R., Nasr, F. A., Bnouham, M., & Zaid, A. (2022).** *Artemisia absinthium L.* aqueous and ethyl acetate extracts: Antioxidant effect and potential activity in vitro and in vivo against pancreatic α-amylase and intestinal α-glucosidase. *Pharmaceutics,* 14, 481.
- **Hemmami, H., Ben Seghir, B., Zeghoud, S., Ben Amor, I., Kouadri, I., Rebiai, A., Zaater, A., Messaoudi, M., Benchikha, N., Sawicka, B., & Atanassova, M. (2023).** Desert endemic

plants in Algeria: A review on traditional uses, phytochemistry, polyphenolic compounds and pharmacological activities. *Molecules*, 28(4), 1834. https://doi.org/10.3390/molecules28041834

- **Hennebelle, T., Sahpaz, S., & Bailleul, F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie,* 2(1), 3-6.
- **Hussain, G., Huang, J., Rasul, A., Anwar, H., Imran, A., Maqbool, J., Razzaq, A., Aziz, N., Makhdoom, E., Konuk, M., & Sun, T. (2019).** Putative roles of plant-derived tannins in neurodegenerative and neuropsychiatric disorders: An updated review. *Molecules,* 24(12), 2213.

I

- **Indarti, K., Apriani, E. F., Wibowo, A. E., & Simanjuntak, P. (2019).** Antioxidant activity of ethanolic extract and various fractions from green tea *(Camellia sinensis L.)* leaves. *Pharmacognosy Journal*, 11(4), 771–776.

K

- **Kacimi, R., Megharbi, S., & Zenasni, S. (2024).** *Étude d'activité antioxydante et activité antibactérienne des plantes médicinales de la région d'Aïn Témouchent.* Mémoire de master, Université d'Aïn Témouchent Belhadj Bouchaib, Algérie, 82 p.
- **Kandikattu, K., Bharath Rathna Kumar, P., Venu Priya, R., Sunil Kumar, K., & Ranjith Singh Rathore, B. (2013).** Evaluation of anti-inflammatory activity of *Canthium parviflorum* by in vitro method. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, 1(5), 729–730.
- **Khadhri, A., Mokni, R., & Smiti, S. (2013).** Composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu : *Atractylis gummifera. Sciences & Nature*, 10(2), 44–52.
- **Khanam, S., Mishra, P., Faruqui, T., Alam, P., Albalawi, T., Siddiqui, F., Rafi, Z., & Khan, S. (2025).** Plant-based secondary metabolites as natural remedies: A comprehensive review on terpenes and their therapeutic applications. *Frontiers in Pharmacology*, 16, 1587215.
- **Khennouf, S., Iratni, N., Baghiani, A., Harzallah, D., & Arrar, L. (2010).** Antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba-alba Asso.* leaves and some phenolic compounds. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(13), 1273–1280.

- **Khlifi, D., Hamdi, S., El Hayouni, A., Cazaux, S., Souchard, J. P., Couderc, F., & Bouajila, J. (2013).** Phenolic composition, essential oil, and antioxidant activity in *Artemisia herba-alba* from several provenances: A comparative study. *Journal of Food Biochemistry*, 37(5), 558–569.
- **Kiciński, W., Dyjak, S. (2020).** Transition metal impurities in carbon-based materials: Pitfalls, artifacts and deleterious effects. *Carbon,* 168, 748–845.
- **Kumaran, A., & Karunakaran, R. J. (2007).** In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five Phyllanthus species from India. LWT. *Food Science and Technology*, 40(2), 344–352.

L

- **Laguerre, M., Lopez Giraldo, L. J., Lecomte, J., Pina, M., & Villeneuve, P. (2007).** Outils d'évaluation in vitro de la capacité antioxydante. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 14(5), 278-292.
- **Laouini, S. E., Kelef, A., & Ouahrani, M. R. (2018).** Free radical scavenging activity and phytochemical composition of *Artemisia herba-alba* extract growth in Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(1), 268–280. https://doi.org/10.4314/jfas.v10i1.20
- **Latif, R., & Nawaz, T. (2026).** Medicinal plants and human health: A comprehensive review of bioactive compounds, therapeutic effects, and applications. *Phytochemistry Reviews*, 25, 2299–2342. https://doi.org/10.1007/s11101-025-10194-7
- **Le Pogam, P., Chollet-Krugler, M., & Boustie, J. (2015).** Présentation des métabolites secondaires lichéniques : de leur biosynthèse à leur rôle au sein du thalle lichénique. *Bulletin de l'Association française de lichénologie*, 40(2), 201–210.
- **Leelaprakash, G., & Dass, S. M. (2011).** *In vitro* anti-inflammatory activity of methanol extract of *Enicostemma axillare*. *International Journal of Drug Development and Research*, 3, 189–196.
- **Leicach, S. R., & Chludil, H. D. (2014).** Plant secondary metabolites: Structure–activity relationships in human health prevention and treatment of common diseases. In A. ur Rahman (Ed.), *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 42, pp. 267–304). Elsevier.
- **Liu, Q., Luo, L., & Zheng, L. (2018).** Lignins: Biosynthesis and biological functions in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2), 335.

- **Liu, Z., Li, X., Jin, Y., Nan, T., Zhao, Y., Huang, L., & Yuan, Y. (2023).** New evidence for *Artemisia absinthium* as an alternative to classical antibiotics: Chemical analysis of phenolic compounds, screening for antimicrobial activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15), 12044.

M

- **Maire, R. (1933).** *Études sur la flore et la végétation du Sahara central (Mission du Hoggar II, n° 3).* Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord.
- **Maldonado Miranda, J. J. (2021).** Medicinal plants and their traditional uses in different locations. In R. A. Bhat, K. R. Hakeem, & M. A. Dervash (Eds.), *Phytomedicine: A treasure of pharmacologically active products from plants* (pp. 207–223). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824109-7.00014-5
- **Manase, M. J. (2013).** *Étude chimique et biologique de saponines isolées de trois espèces malgaches appartenant aux familles des Caryophyllaceae, Pittosporaceae et Solanaceae.* Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, France.
- **Mansour, A. (2009).** *Investigation phytochimique de l'extrait n-butanol de l'espèce Centaurea africana.* Mémoire de magister.
- **Marrelli, M. (2021).** Medicinal plants. *Plants, 10*(7), 1355. https://doi.org/10.3390/plants10071355
- **Menat, É. (2006).** Les polyphénols de thé, du vin et du cacao. Phytothérapie, 4(1), 40-45.
- **Merradi, M., Bouguerra, K., & Bayou, S. (2021).** La guérison à base de l'Armoise blanche en médecine traditionnelle dans les Aurès (Algérie) – Étude anthropologique. *Tributaries Journal for Studies and Scientific Research in Social and Human Sciences*, 5(2), 1065–1074.
- **Mesaros, N., Van Bambeke, F., Avrain, L., Glupczynski, Y., Vanhoof, R., Plésiat, P., & Tulkens, P. M. (2005).** L'efflux actif des antibiotiques et la résistance bactérienne : état de la question et implications. *La Lettre de l'Infectiologue*, 20(4), 154–161
- **Mirjana B., Danijela C.Z., Tamara K.D., Aleksandra L.M.,Vasi V.M. (2013).** Acetylcholinesterase Inhibitors: Pharmacology and Toxicology. *Current Neuropharmacology*. 11, 315-335.

- **Mizushima, Y., & Kobayashi, M. (1968).** Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with some biologically active proteins. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 20(3), 169–173.
- **Moghimipour, E., & Handali, S. (2015).** Saponin: Properties, methods of evaluation and applications. *Annual Research & Review in Biology*, 5(3), 207–220.
- **Mohamed, A. E. H. H., El-Sayed, M. A., Hegazy, M. E., Helaly, S. E., Esmail, A. M., & Mohamed, N. S. (2010)**. Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. *Records of Natural Products*, 4(1), 1–25.
- **Mohd, N. A., Abdullah, N. H., Ahmad, N., Mohamad, N., Abd Rahman, N., & Kamarudin, N. A. (2024).** Review of Malaysian medicinal plants with potential wound healing activity. *BMC Complementary Medicine and Therapies*,24, 268. https://doi.org/10.1186/s12906-024-04548-5.
- **Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- **Moreau, B. (2003).** *Travaux dirigés et travaux pratiques de pharmacognosie de 3ème année de doctorat de pharmacie.* Faculté de Pharmacie de Nancy, Université Henri Poincaré, Nancy, France.
- **Moufid, A., & Eddouks, M. (2012).** *Artemisia herba-alba*: A popular plant with potential medicinal properties. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 15(24), 1152–1159.
- **Müller L., Gnoyke S., Popken A.M., V. Böhm V. (2010).** Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. LWT - *Food Science and Technology,* 43: 992- 999.
- **Munita J.M, Arias C.A. (2016).** Mechanisms of antibiotics resistance. Microbiol Spectrum, 4(2), 1-16.

N

- **Naspolini, N. F., Freitas, M. B. de, Moreira, E. A. M., Salles, R. K. de, Batista, S. M. de M., & Wilhelm Filho, D. (2015).** Effects of calorie restriction and soybean and olive oils on oxidative stress in obese. *Journal of Food & Nutritional Disorders*, 4(6), 1–8. https://doi.org/10.4172/2324-9323.1000183

- **Negasa, J. G., Teshome, I., Sarba, E. J., & Daro, B. S. (2024).** Phytochemical screening and *in vitro* antibacterial activity of *Echinops kebericho Mesfin* tuber extracts: experimental studies. *PeerJ*, 12, e18554. https://doi.org/10.7717/peerj.18554

O

- **Ojo, O. A. (2022).** Tannins in food and medicinal plants: Classification, occurrence and biological activities. *Journal of Medicinal Plants Research,* 16(3), 63–75.
- **Opie, E. L. (1962).** On the relation of necrosis and inflammation to denaturation of proteins. *Journal of Experimental Medicine*, 115, 597–608.
- **Orhan, I., Kartal, M., & Sener, B. (2007).** Screening of various phenolic acids and flavonoid derivatives for their anticholinesterase potential. *Zeitschrift für Naturforschung C,* 62(11–12), 829–832.
- **Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307- 315
- **Ozenda, P. (1991).** *Flore et végétation du Sahara* (3e éd., mise à jour et augmentée). Paris : Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), 662 p

P

- **Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016).** Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science,* 5(47).
- Pa**rejo I., Viladomat F., Bastida J., Rosas-Romero A., Saavedra G., Murcia G. S., Jiménez A. M., Codina C. (2003).** Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life Sciences.* 2003(73),1667-1681
- **Perera, W. P. R. T., Liyanage, J. A., Dissanayake, K. G. C., Gunathilaka, H., Weerakoon, W. M. T. D. N., Wanigasekara, D. N., Fernando, W. S. K., Rajapaksha, R. M. H., Liyanage, R. P., & Perera, B. T. (2021).** Antiviral potential of selected medicinal herbs and their isolated natural products. *BioMed Research International*, 2021, 7872406. https://doi.org/10.1155/2021/7872406
- **Perincherry, L., Lalak-Kańczugowska, J., & Stępień, Ł. (2019)**. *Fusarium*-produced mycotoxins in plant–pathogen interactions. *Toxins*, 11(11), 634.

- **Pincemail, J., Degrune, F., Voussure, S., Malherbe, C., Paquot, N., & Defraigne, J. O. (2007).** Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme*, 21(2), 66-75.
- **Prescrire. (2007).** Bien utiliser les plantes en situations de soins. *La Revue Prescrire*, 27(286), 561–634.
- **Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302.

Q

- **Quezel P. et Médail F. (2003)**. Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier.
- **Quezel P. et Santa S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et régions désertiques méridionales.Tome 2. *Centre national de la recherche*. Paris, p : 565.

R

- **Radulović, N. S., Blagojević, P. D., Stojanović-Radić, Z. Z., & Stojanović, N. M. (2013).** Antimicrobial plant metabolites: Structural diversity and mechanism of action. *Current Medicinal Chemistry*, 20(7), 932–952.
- **Rambaran, T. (2020).** Nanopolyphenols: A review of their encapsulation and anti-diabetic effects. *SN Applied Sciences*, 2(8), Article 1331. https://doi.org/10.1007/s42452-020-3110-8
- **Rao, H. C. Y., Kamalraj, S., & Jayabaskaran, C. (2020).** Fascinating fungal endophytes associated with medicinal plants: Recent advances and beneficial applications. In S. K. Verma & J. F. White (Eds.), *Microbial Endophytes: Prospects for Sustainable Agriculture* (pp. 263–289). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818734-0.00011-5
- **Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. A. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3

- **Reche, J., Almansa, M. S., Hernández, F., Amorós, A., & Legua, P. (2021).** Physicochemical and Antioxidant Capacity of Jujube *(Ziziphus jujuba Mill.)* at Different Maturation Stages. *Agronomy*, 11(1), 132.
- **Reichardt, S. D., Amouret, A., Muzzi, C., Vettorazzi, S., Tuckermann, J. P., Lühder, F., & Reichardt, H. M. (2021).** The role of glucocorticoids in inflammatory diseases. *Cells*, 10 (11), 2921.
- **Rojas, L. L. (2009).** *Influence de l'adsorption de protéine (BSA) sur le comportement électrochimique et la composition de surface d'un alliage Fe-17Cr en solution aqueuse.* Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Paris, France.
- **Rondón, M., Herrera, R., Malagón, O., & Ochoa, C. (2017).** Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterial activity of thirteen native species from Guayas province, Ecuador. *Journal of King Saud University – Science*, 31(4), 500–505.

S

- **Saadoudi, M. (2019).** *Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits.* Thèse de doctorat.
- **Sahi, F., et al. (2016).** Diversité et importance des plantes aromatiques et médicinales en Algérie. *Revue d'Écologie*, 71(2), 123–135.
- **Sakna, S. T., Maghraby, Y. R., Abdelfattah, M. S., & Farag, M. A. (2022).** Phytochemical diversity and pharmacological effects of triterpenes from genus *Ziziphus:* A comprehensive review. *Phytochemistry Reviews*, 21, 1673–1705. https://doi.org/10.1007/s11101-022-09820-z.
- **Salamci, E., Kordali, S., Kotan, R., Cakir, A., & Kaya, Y. (2007).** Chemical compositions, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils from Turkish *Artemisia species. Food Chemistry*, 103(4), 1455–1461.
- **Salami, S. A., Guinguina, A., Agboola, J. O., Omede, A. A., Agbonlahor, E. M., & Tayyab, U. (2016)**. Review: In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: A review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. *Animal*, 10(8), 1375–1390. https://doi.org/10.1017/S1751731115002967
- **Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998).** A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 270–276

- **Santos, J. A., et al. (2020).** Plants as Sources of Anti-Inflammatory Agents. *Molecules*, 25, 3726.
- **Sarazin, A. (2010).** *Les glycannes pariétaux de levures et leur implication dans l'induction et la régulation de la réponse immunitaire de l'hôte.* Thèse de doctorat, Université du Droit et de la Santé – Lille II, Lille, France.
- **Saunoriūtė, S., Ragažinskienė, O., Ivanauskas, L., Marksa, M., Laužikė, K., & Raudonė, L. (2023).** Phenolic diversity and antioxidant activity of *Artemisia abrotanum L.* and *Artemisia absinthium L.* during vegetation stages. *Separations,* 10(10), 545.
- **Schlesier K., Harwat M., Böhm V., Bitsch R. (2002).** Assessment of antioxidant activity by using different *in Vitro* methods. *Free radical research*, 36 : 177-187.
- **Seddik, K., Nadjet, I., Abderrahmane, B., Daoud, H., & Lekhmici, A. (2010).** Antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba-alba* Asso. leaves and some phenolic compounds. *Journal of Medicinal Plant Research*, 4(13), 1273–1280.
- **Seragui, S., Derraji, S., Mahassin, F., & Cherrah, Y. (2013).** Résistance bactérienne : état des lieux au Maroc. *Maroc Médical*, 35(3), 199–205.
- **Shaikh, H. Y., Rajendran, R., Alzahrani, A. R., Alharbi, N. S., Uddin, M. S., Mathew, B., & Krishnamoorthy, G. (2023).** Biological characterization of *Cleome felina L.f.* extracts for phytochemical, antimicrobial, and hepatoprotective activities. *Antibiotics*, 12(8), 1267. https://doi.org/10.3390/antibiotics12081267
- **Sharma, A., Flores-Vallejo, R. D. C., Cardoso-Taketa, A., & Villarreal, M. L. (2021).** Plants used as antihypertensive. *Natural Products and Bioprospecting*, 11, 155–184.
- **Sharma, R., Bhattu, M., Tripathi, A., Verma, M., Acevedo, R., Kumar, P., Rajput, V. D., & Singh, J. (2023).** Potential medicinal plants to combat viral infections: A way forward to environmental biotechnology. *Environmental Research*, 227, 115725. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115725.
- **Singleton, V. L., & Rossi, J. A. Jr. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- **Sofowora, A. (2010).** *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique.* Éditions Karthala, Paris, p. 22.

- **Subudhi, L., Thatoi, H., & Banerjee, A. (2025).** Anti-inflammatory activity of essential oil from medicinal plants: An insight into molecular mechanism, in-silico studies and signaling pathways. *Phytomedicine*, 138, Article 156364. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2025.156364
- **Sudhir, R., & Mohan, V. (2002).** Postprandial hyperglycemia in patients with type 2 diabetes mellitus. *Treatments in endocrinology*, 1(2), 105-116
- **Szydłowska-Czerniaka A, Dianoczki C, Recseg K, Karlovits G, Szlyk E. (2008).** Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*,76 :899-905

T

- **Tenaillon, O., Skurnik, D., Picard, B., & Denamur, E. (2010).** The population genetics of commensal *Escherichia coli. Nature Reviews Microbiology*, 8(3), 207–217. https://doi.org/10.1038/nrmicro2298.
- **Topçu G., Ay A., Bilici A., Sarıkürkcü C., Öztürk M., and Ulubelen A. (2007).** A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus. Food Chemistry,* 103: 816-822
- **Tundis, R., Loizzo, M. R., & Menichini, F. (2010).** Natural products as α-amylase and α-glucosidase inhibitors and their hypoglycaemic potential in the treatment of diabetes: An update. Mini Reviews, *Medicinal Chemistry*, 10(4), 315–331.

V

- **Vaishnav, P., & Demain, A. L. (2011).** Unexpected applications of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 29(2), 223–229. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.11.006
- **Valko, M., Leibfritz, D., Moncola, J., Cronin, M.T.D., Mazura, M.& Telser, J. (2007).** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 39 : 44 – 84.
- **Vaubourdolle, M. (2013).** *Infection* (4e éd.). Wolters Kluwer France, Paris, 183 p.
- **Venkatachalam, H., Nayak, Y., Jayashree, B. S. (2012).** Evaluation of the antioxidant activity of novel synthetic chalcones and flavonols. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 3(3), 216–219.

- **Venugopala, K. N., Rashmi, V., & Odhav, B. (2013).** Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed Research International*, 2013, Article ID 963248, 14 p. https://doi.org/10.1155/2013/963248

W

- **Weill, B., Batteux, F., & Dhainaut, J. F. (2003).** *Immunopathologie et réactions inflammatoires.* De Boeck Université, Paris, pp. 12–23.
- **Wichtl, M., & Anton, R. (2003).** *Plantes thérapeutiques : Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique* (2e éd.). TEC & DOC, Paris.
- **World Health Organization (WHO), (2013).** WHO Traditional Medicine Strategy 2014–2023. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789241506090

Y

- **Yang, X.W., Huang, M.Z., Jin, Y.S., Sun, L.N., Song, Y., Chen, H.S. (2012).** Phenolics from *Bidens bipinnata* and their amylase inhibitory properties. *Fitoterapia*. 83, 1169-1175.
- **Younsi, F., Rahali, F. Z., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2016).** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Artemisia herba-alba Asso* growing in Tunisia. *Flavour and Fragrance Journal*, 31(4), 337–345.

Z

- **Zahnit, W., Smara, O., Bechki, L., Bensouici, C., Messaoudi, M., Benchikha, N., Larkem, I., Awuchi, C. G., Sawicka, B., & Simal-Gandara, J. (2022).** Phytochemical profiling, mineral elements, and biological activities of *Artemisia campestris L.* grown in Algeria. *Horticulturae,* 8, 914
- **Zahoor, M., Khan, I., Zeb, A., Sahibzada, M. U. K., Naz, S., Bari, W. U., & Kamran, A. W. (2019).** Pharmacological evaluation and in-silico modeling study of compounds isolated from *Ziziphus oxyphylla. Biomedicine & Pharmacotherapy*, 116, 108984. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108984
- **Zare-Zardini, H., Tolueinia, B., Hashemi, A., Ebrahimi, L., & Fesahat, F. (2013).** Antioxidant and cholinesterase inhibitory activity of a new peptide from *Ziziphus jujuba* fruits. *American Journal of Alzheimers' Disease & Other Dementias,* 28(7), 702–709.

- **Zayed, A., Abdelkareem, S., Talaat, N., Abdel Dayem, D., & Farag, M. A. (2025).** Tannin in foods: Classification, dietary sources, and processing strategies to minimize anti-nutrient effects. *Food and Bioprocess Technology,* 18(11), 9221–9249.
- **Zazouli, S. (2025).** Phytochemical screening, phenolic compounds, antioxidant, and antibacterial activities of *Zizyphus lotus* from Beni Mellal region, Morocco. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 47(1), e72249. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v47i1.72249.
- **Zouheir, D., Wansi, S. L., Boubouo, L., Kamani, S. L. P., Mba, R., Yadang, F. S., Tchamgoue, A. D., Yatgang, P. A., & Agbor, G. A. (2020).** Antioxidant and anti-inflammatory activity of *Plectranthus glandulosus* leaf extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 63(1), 40–51.

Annexes

Annexes

Annexe I : Matériel, instruments et réactifs utilisés

Matériel, instruments	Réactifs
❖ Ampoule à décanter, Micropipettes de volumes différents, Microplaques, Ballons, Béchers, Erlenmeyers, Éprouvettes, Flacons, Spatules, Portoirs, Verres de montre.	❖ Cristaux de Mg, Vanilline, Folin cio-calteu, FeCl3, H2SO4, NaOH, KOH, Na2Co3, Acétate de sodium, K3Fe (CN)6, IKI, Na2HPO4,2H2O, NaHCO3, DTNB.
❖ Rotavap, Balance de pré-cision, Lecteur de micro-plaque, Eturve, Bec benzène, PH mètre.	❖ Ethanole, Ethyle acetate, Hexane, DMSO, HCl, Chloroforme.

Annexe II : Préparation des réactifs de l'activité antioxydante

Réactifs	Compositions	Quantités
❖ **DPPH°⁺**	DPPH	6 mg
	Méthanol	100 ml
❖ **ABTS°⁺ (7 mM)**	ABTS	19,2 mg
	H_2O	5 ml
	$K_2S_2O_8$ (2,45 mM)	3,3 mg
	H_2O	5 ml
❖ **Phénanthroline**	1,10- Phénantroline monohydrate Méthanol	0,05 g 0,05 g
❖ **FRAP**	TCA, $K_3Fe(CN)_6$, FeCl3,	50 µL, 50 µL,10 µl,
	Phosphate buffe (6.6), H_2O	40 µL, 40 µL

Annexe III : Préparation des réactifs de l'activité anti-inflammatoire

Réactifs	Compositions	Quantités
❖ **Tampon Tris-HCl (pH6,6)**	Tris, H_2O, HCl	1,2144 mg, 200 ml
❖ **BSA**	BSA, Tris-HCl	0,2 g, 100 ml

Annexe IV : Réactifs et substrats de l'activités enzymatique

Solutions	Compositions	Quantités
❖ **Enzyme α-amylase (1U)**	Enzyme -amylase Tampon phosphate (pH 6,9)	1 mg 9 ml
❖ **Amidon (0,1%)**	Amidon H_2O	0,1 g q.s. P100 ml
❖ **BChE**	BChE Tampon phosphate (pH 8)	1 mg 22,6 ml
❖ **Chlorure de butyrylthiocholine (0,2 mM)**	Chlorure de butyrylthiocholine H_2O Tampon phosphate (pH 8)	4 mg 4 ml 4 ml

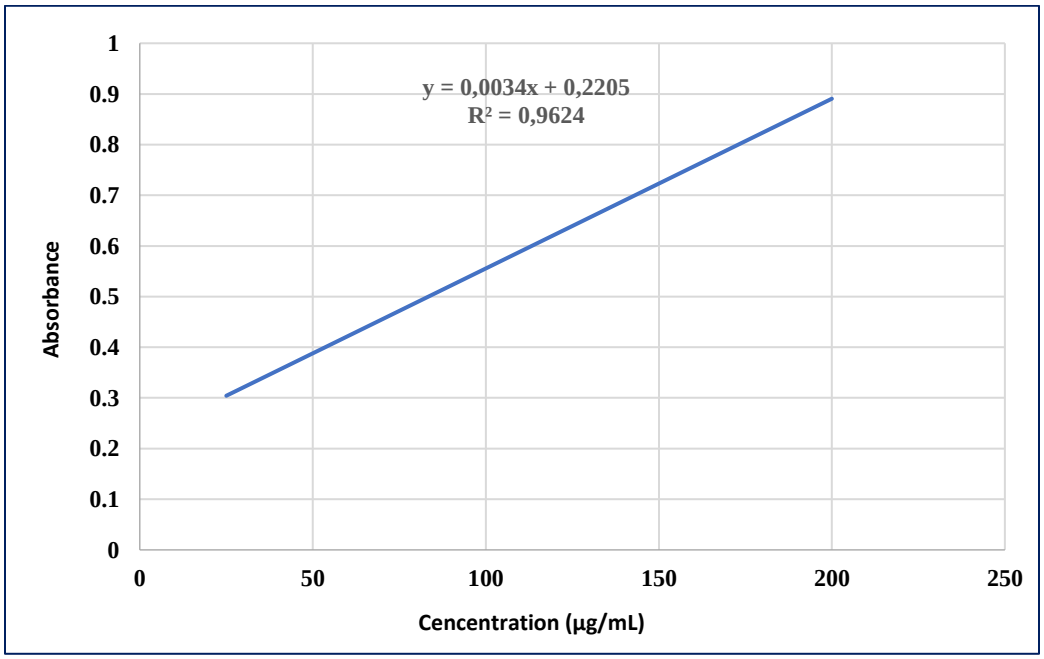
Annexe V : Standards

Standards	Compositions	Quantités
❖ **Acide gallique**	Acide gallique Méthanol	0,5 mg 5 ml
❖ **Quercétine**	Quercétine Méthanol	1 mg 5 ml
❖ **BHA**	BHA Méthanol	0,5 mg 1 ml
❖ **BHT**	BHT Méthanol	0,5 mg 1 ml
❖ **Acide ascorbique**	Acide Ascorbique Méthanol	4 mg 1 ml
❖ **α-Tocophérol**	α-Tocophérol Méthanol	4 mg 1 ml
❖ **Acarbose**	Acarbose Méthanol	4 mg 1 ml
❖ **Galantamine**	Galantamine+ Méthanol	4 mg+ 1 ml
❖ **Diclofénac**	Diclofénac sodium+ H_2O	50 mg+ 100 ml

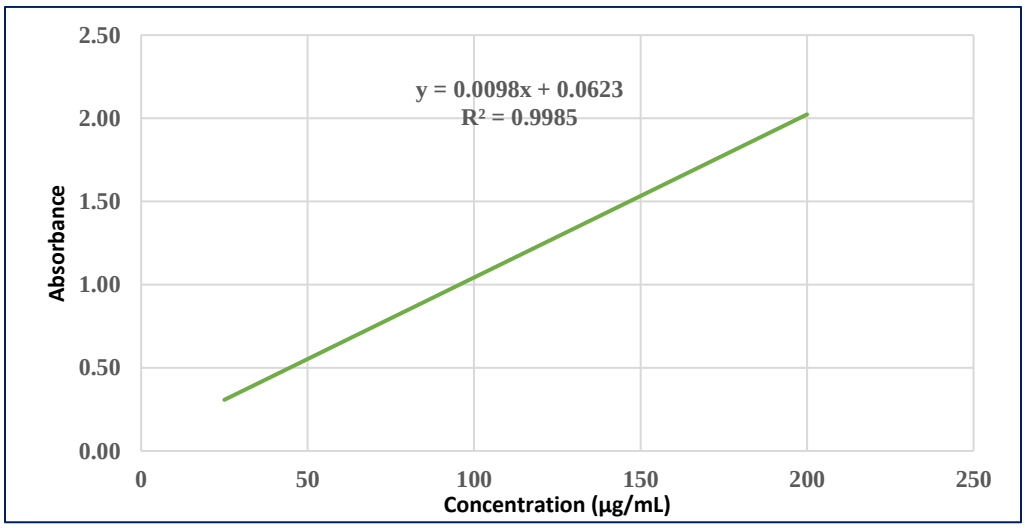
Annexe VI : Souches et milieux de culture pour l'activité antimicrobienne

Milieu	Utilisation
❖ *Bouillon Nutritive (B.N)*	Préparation de l'inoculum des souches bactériennes
❖ *Gélose Mueller Hinton (M.H)*	Coulé dans des boites pétries pour l'ensemencement des souches bactérienne
❖ *Potato Dextrose Agar (PDA)*	Favorisent la croissance des champignons
❖ *Sabouraud Dextrose Agar (SDA)*	Culture des levures
Souche	**Type**
❖ *Staph taphylococcus aureus,* ❖ *Bacillus subtilis*	Bactérie Gram+
❖ *Escherichia coli,* ❖ *Pseudomonas aeruginosa*	Bactérie Gram-
❖ *Fusarium sp.*	Champignon
❖ *Candida albicans*	Levure

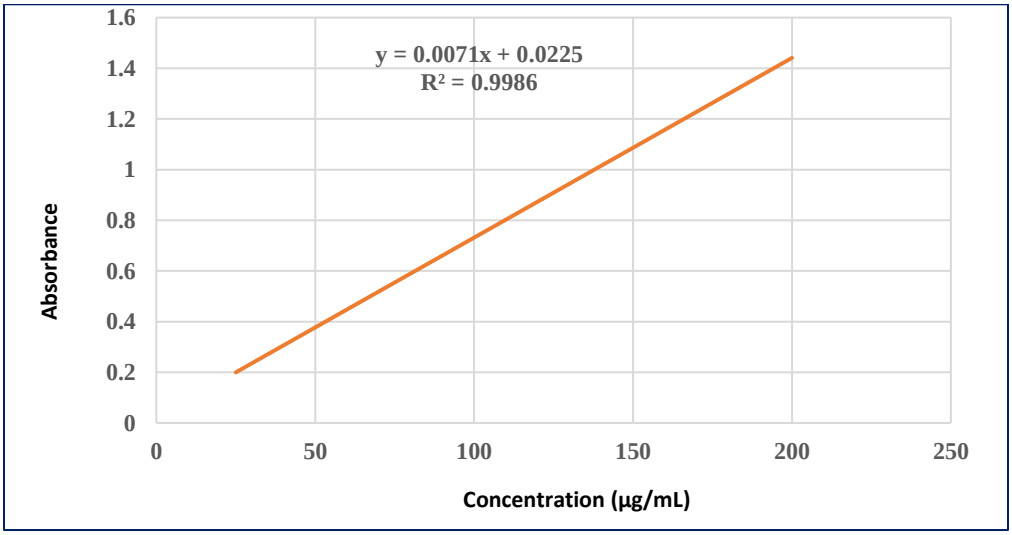
Annexe VII : Courbes d'étalonnage



Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols



Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes



Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonols

Annexe VIII : Sensibilité des souches selon les diamètres des zones d'inhibition

Zones d'inhibition	Sensibilité

❖ **Diamètre** < **8 mm**	Nulle
❖ **Diamètre** compris entre **9 à 14 mm**	Sensible
❖ **Diamètre** compris entre **15 et 19 mm**	Très sensible
❖ **Diamètre** > **20 mm**	Extrêmement sensible