



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE SAIDA Dr. MOULAY TAHAR  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Département de Biologie  
Laboratoire de biotoxicologie, pharmacognosie et valorisation biologique des  
plantes

## *Thèse*

Présentée pour obtenir le diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle

Spécialité : Biochimie

Par :

**M<sup>me</sup> GHEFFARI Ibtissam**

*Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie*

*Thème :*

***Etude ethnobotanique et évaluation de quelques  
effets biologiques de Hammada scoparia dans la  
région semi aride de l'ouest Algérien.***

Thèse soutenue le

Devant le jury composé de :

N°	Nom et prénom	Grade	Établissement	Qualité
01	SLIMANI Miloud	Prof.	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Président
02	KEFIFA Abdelkrim	MCA	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Rapporteur
03	KAHLOULA Khaled	Prof.	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Co-rapporteur
04	OUABED Asmahan	Prof.	Université de Tiaret- Ibn khaldoun	Examineur
05	ADLI Djallal Eddine Houari	Prof.	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Examineur

**Année universitaire 2023 - 2024**

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## ***Remerciements***

Je remercie tout d'abord **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de science.

J'adresse mes sincères remerciements et toute ma reconnaissance à mon directeur de thèse, **Docteur KEFIFA Abdelkrim** pour son encadrement et son accompagnement. Sa disponibilité et ses conseils précieux et avisés à la hauteur de ses compétences et de ses qualités humaines m'ont été d'une grande utilité afin d'accomplir ce modeste travail.

Je remercie également mon Co-encadreur **Professeur KAHLOULA Khaled** pour sa disponibilité, sa générosité et ses orientations tout au long de l'élaboration de ma thèse, qu'il trouve ici toute ma gratitude et ma sympathie.

Je remercie aussi le **Professeur SLIMANI Miloud** qui m'a honoré par sa présidence du jury ainsi que le **Professeur OUABED Asmahan** et le **Professeur ADLI Djallal Eddine Houari** qui ont accepté d'examiner ce modeste travail.

Un remerciement particulier à **Professeur MEZIANI Samira** et **Professeur DEMMOUCHE Abassia** de l'université de Djilali Liabès de Sidi Bel Abbas pour leurs sympathies et pour l'accueil qu'elles m'ont accordé dans leurs laboratoires.

J'exprime ma gratitude aussi aux ingénieurs de laboratoire **REBBAH Kheira, LABGAA Lahouaria, Fatima et Juhaina** pour leurs soutiens et leur constante disponibilité ainsi que **Mama et Aicha**.

Merci pour mes collègues **DJEBBAR Abdelhamid, SOUIDI Sendous, BELGACEM Habiba, REGGAD Nawal** pour leur présence et leur soutien, ainsi je remercie tous ceux et celles qui nous ont contribué de près ou de loin dans ce travail je les remercie du fond du cœur.

## *Dédicace*

À ma très chère mère, je dédie ce travail, Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, ses prières et son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie. Là où je suis arrivée aujourd'hui c'est à elle que je le dois, que Dieu te garde. Je le dédie également :

A la mémoire de mon père que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mon cher époux pour son soutien et son aide si précieuse qui a rendu possible la soutenance de cette thèse.

A ma chère fille Sirine source de ma joie et de mon bonheur.

A mes chers frères Tareq et Islam, à ma tante Fatima ainsi qu'à toute ma famille et tous ceux qui ma réussite leur tient à cœur.

## Liste des abréviations

---

**AAs** : Acide ascorbique

**Abs** : Absorbance

**ATCC** : American type culture collection

**CMB** : Concentration minimale bactéricide

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde

**DO** : Densité optique

**DPPH** : 2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl

**EAG** : Équivalent acide gallique

**EC** : Équivalent catéchine

**EQ** : Équivalent quercitaine

**FLV** : Flavonoïdes

**FRAP** : Capacité réductrices ferriques d'antioxydants

**HE**: Hématoxyline-Eosine

**Hs**: *Hammada scoparia*

**IC50** : concentration inhibitrice médiane

**IP** : Intraperitoneal

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**R** : Coefficient de corrélation

**SPSS**: Statistical Package for the Social Sciences

**TC** : Tanins condensés

## Liste des figures

---

<b>Figure 1.</b> Propriétés des polyphénols (BOUHAOUS., 2022). .....	9
<b>Figure 2.</b> Structure de base des flavonoïdes (Barreca et al., 2011). .....	9
<b>Figure 3.</b> Principales classes des flavonoïdes (BOUHAOUS., 2022). .....	11
<b>Figure 4.</b> Structure de quelques tanins (RAMLI., 2013). .....	12
<b>Figure 5.</b> Structure générale des tanins hydrolysables (Grasel et al., 2016). .....	13
<b>Figure 6.</b> Exemple des divers types de condensations (liaisons) se produisant dans les oligomères et les polymères de tanins condensés (Smeriglio et al., 2017). .....	14
<b>Figure 7.</b> La plante Hammada scoparia (Boucherit et al, 2018). .....	21
<b>Figure 8.</b> Structure des principaux alcaloïdes de <i>Hammada scoparia</i> . .....	27
<b>Figure 9.</b> Schéma de la structure de la peau (Caroline., 2016). .....	32
<b>Figure 10.</b> Présentation de la de la zone d'étude (sud-ouest de l'Algérie). .....	39
<b>Figure 11.</b> La partie aérienne de <i>Hammada scoparia</i> (Gheffari, 2022). .....	40
<b>Figure 12 :</b> L'anesthésie des rats (Gheffari, 2023). .....	55
<b>Figure 13 :</b> Épilation de la zone à exciser. <b>Figure 14 :</b> Excision (plaie circulaire de 1 cm). .	55
<b>Figure 15 :</b> Répartition des utilisateurs selon le sexe. .....	58
<b>Figure 16 :</b> Répartition des utilisateurs selon la situation familiale. .....	59
<b>Figure 17 :</b> Répartition de la population étudiée selon les tranches d'âge. .....	60
<b>Figure 18 :</b> Répartition de la population étudiée selon le niveau d'étude. .....	61
<b>Figure 19 :</b> Différents modes de préparation préconisés. .....	62
<b>Figure 20:</b> Maladies traitées par Hammada scoparia selon les enquêtées. .....	63
<b>Figure 21 :</b> Teneurs en polyphénols totaux des extraits aqueux, hydrométhanolique et hydroéthanolique. .....	68
<b>Figure 22 :</b> Teneurs en flavonoïdes des extraits .....	69
<b>Figure 23:</b> Teneurs des tanins condensés des extraits. .....	70
<b>Figure 24:</b> Courbes de l'activité antioxydante par la méthode (DPPH) des trois extraits testés hydrométhanolique, hydroéthanolique et aqueux. .....	71
<b>Figure 25:</b> Valeurs d'IC50 pour les différents extraits étudiés (Test DPPH). .....	72
<b>Figure 26 :</b> Courbe représentant l'activité antioxydante de l'extrait aqueux (Test FRAP). ...	73
<b>Figure 27 :</b> Courbe représentant l'activité antioxydante de l'extrait hydro-éthanolique (Test FRAP). .....	73
<b>Figure 28 :</b> Courbe représentant l'activité antioxydante de l'extrait hydro-méthanolique (Test FRAP). .....	74
<b>Figure 29 :</b> Diamètres des zones d'inhibition de l'antibiogramme. .....	76

## Liste des figures

---

<b>Figure 30</b> : Résultats de l'activité antibactérienne des extraits contre les cinq souches étudiées.....	78
<b>Figure 31</b> : Observation macroscopique de l'évolution de la surface cicatrisée au fil du temps. ....	84
<b>Figure 32</b> : Pourcentage de contraction des zones de la plaie dans les différents groupes étudiés.....	85
<b>Figure 33</b> : Observation de la composition histologique de la peau saine au microscope photonique (G : 10x). ....	87
<b>Figure 34</b> : Observation de la composition histologique de la peau traitée par le sérum physiologique observée au microscope photonique.....	87
<b>Figure 35</b> : Observation de la composition histologique de la peau traitée par la vaseline pure observée au microscope photonique (G :10x).....	88
<b>Figure 36</b> : Observation de la composition histologique de la peau traitée par la crème Mebo observée au microscope photonique (G :10x).....	88
<b>Figure 37</b> : Observation de la composition histologique de la peau traitée par la pommade Hs à 3% observée au microscope photonique (G :10x).....	89
<b>Figure 38</b> : Observation de la composition histologique de la peau traitée par la pommade Hs à 10% observée au microscope photonique (G :10x).....	89

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1.</b> Usage traditionnelle de <i>H. scoparia</i> .....	23
<b>Tableau 2.</b> Activités biologiques de <i>H. scoparia</i> .....	24
<b>Tableau 3.</b> La composition chimique de <i>H. scoparia</i> .....	25
<b>Tableau 4.</b> Les souches microbiennes testées. ....	50
<b>Tableau 5.</b> Liste des antibiotiques commercialisés utilisés.....	52
<b>Tableau 6 :</b> les principaux types de maladies traitées par la plante <i>Hammada scoparia</i> ainsi que les différents indices ethnobotaniques.....	64
<b>Tableau 7 :</b> résultats du test d'indépendance de chi-deux entre le FRC des différents types de maladies traitées par la plante et les caractéristiques socio-démographiques.....	66
<b>Tableau 8.</b> Rendements des extraits étudiés.....	66
<b>Tableau 9.</b> Résultats du screening phytochimiques des extraits méthanolique, éthanolique et aqueux. ....	67
<b>Tableau 10.</b> Résultats de l'antibiogramme (diamètre de la zone d'inhibition en mm). ....	75
<b>Tableau 11.</b> Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de la croissance des souches bactériennes par l'extrait méthanolique (en mm).....	79
<b>Tableau 12.</b> Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de la croissance des souches bactériennes par l'extrait éthanolique (en mm).....	79
<b>Tableau 13.</b> Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de la croissance des souches bactériennes par l'extrait aqueux (en mm). ....	79
<b>Tableau 14.</b> Concentrations minimales inhibitrices et concentrations minimales bactéricides de l'extrait méthanolique vis-à-vis des bactéries testées (mg/ml).....	81
<b>Tableau 15.</b> Concentrations minimales inhibitrices et concentrations minimales bactéricides de l'extrait éthanolique vis-à-vis des bactéries testées (mg/ml).....	82
<b>Tableau 16.</b> Concentrations minimales inhibitrices et concentrations minimales bactéricides de l'extrait aqueux vis-à-vis des bactéries testées (mg/ml).....	82



# *Table des matières*

# Table des matières

---

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

المخلص

**INTRODUCTION**..... 1

**Revue Bibliographique**..... 3

## ***Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et Les plantes médicinales***

1.1 Généralité sur l'ethnobotanique ..... 5

1.1.1 Définition de l'ethnobotanique..... 5

1.1.2 L'intérêt de l'ethnobotanique..... 5

1.2 Généralité sur les plantes médicinales ..... 5

1.2.1 Définition des plantes médicinales..... 5

1.2.2 Principes actifs des plantes médicinales..... 6

1.2.3 Les domaines d'utilisation des plantes médicinales..... 15

1.2.4 La phytothérapie..... 17

## ***Chapitre II : Présentation de la plante***

2.1 Noms vernaculaires et synonymes ..... 21

2.2 Description botanique ..... 21

2.3 Classification (Boucherit et al., 2018)..... 22

2.4 Origine et répartition géographique ..... 22

2.5 Usage traditionnel et activités biologiques..... 23

2.6 Composition chimique de *Hammada scoparia* ..... 25

## ***Chapitre III : Activités biologiques étudiées***

3.1 Activité Antioxydante ..... 29

3.2 Activité antimicrobienne ..... 30

3.2.1 Activité antimicrobienne et plantes médicinales..... 30

3.2.2 Les techniques d'étude du pouvoir antimicrobien ..... 30

3.3 Activité cicatrisante..... 32

3.3.1 La peau ..... 32

3.3.2 Les plaies cutanées ..... 33

3.3.3 Les caractéristiques générales des plaies ..... 33

3.3.4 La cicatrisation cutanée ..... 33

**Partie Expérimentale** ..... 36

# Table des matières

---

## *Matériel & Méthodes*

<b>Objectif de travail .....</b>	<b>38</b>
<b>1 Enquête ethnobotanique .....</b>	<b>38</b>
1.1 Présentation de la zone d'étude .....	38
1.2 Matériel végétal utilisée .....	39
1.3 Méthodes d'études.....	40
1.4 Analyse des données et utilisation des indices en ethnobotanique quantitative .....	42
<b>2 Préparation des extraits.....</b>	<b>43</b>
2.1 Extraction aqueuse .....	43
2.2 Préparation de l'extrait hydro éthanolique et hydro éthanolique .....	44
<b>3 Screening phytochimique .....</b>	<b>44</b>
3.1 Flavonoïdes .....	45
3.2 Tanins .....	45
3.3 Alcaloïdes.....	45
3.4 Terpenoides .....	45
3.5 Saponosides.....	46
3.6 Quinones.....	46
<b>4 Analyse phytochimique.....</b>	<b>46</b>
4.1 Dosage des phénols totaux (PT).....	46
4.2 Dosage des flavonoïdes (FLV).....	47
4.3 Dosage des tanins condensés (TC).....	48
<b>5 Détermination des différentes activités biologiques.....</b>	<b>48</b>
5.1 Évaluation, in vitro, de l'activité antioxydante .....	48
5.1.1 Test du piégeage des radicaux DPPH .....	48
5.1.2 Test de la réduction de fer FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power) .....	49
5.2 Évaluation de l'activité antibactérienne in vitro des différents extraits de la partie aérienne de <i>Hammada scoparia</i> .....	50
5.2.1 Examen microscopique (coloration de Gram, forme des germes).....	50
5.2.2 Conservation des souches bactériennes.....	50
5.2.3 Étapes à suivre pour l'évaluation de cette activité .....	50
5.2.4 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) / la méthode des micro-dilutions .....	52
5.2.5 Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) .....	53
5.3 Étude de l'activité cicatrisante .....	53
5.3.1 Préparation de la pommade .....	53
5.3.2 Déroulement de l'expérimentation.....	54
5.3.3 Mesure de la surface de la plaie .....	55

# Table des matières

---

5.3.4	Prélèvement des échantillons .....	56
5.3.5	Examen histologique .....	56
<i>Résultat &amp; Discussion</i>		
<b>1</b>	<b>Étude ethnobotanique .....</b>	<b>58</b>
1.1	Fréquence d'utilisation de la plante selon le sexe et selon la situation familiale.....	58
1.2	Fréquence d'utilisation de la plante en fonction de la classe d'âge .....	59
1.3	Utilisation de la plante selon le niveau académique .....	60
1.4	Parties de plante utilisées .....	61
1.5	Mode de préparation.....	61
1.6	Différentes maladies traitées .....	62
1.7	Analyse des données et utilisation des différents indices ethnobotaniques .....	63
1.8	Les résultats des analyses statistiques .....	66
<b>2</b>	<b>Extraction et détermination du rendement .....</b>	<b>66</b>
<b>3</b>	<b>Résultats du screening phytochimique.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>Résultats de l'étude phytochimique.....</b>	<b>68</b>
4.1	Teneur en polyphénols totaux .....	68
4.2	Teneur en flavonoïdes totaux .....	69
4.3	Teneurs des tanins condensés.....	69
<b>5</b>	<b>Résultats des activités in vitro .....</b>	<b>71</b>
5.1	Activité antioxydante .....	71
5.1.1	Évaluation du pouvoir antioxydant (test de DPPH).....	71
5.1.2	Évaluation du pouvoir antioxydant (test de FRAP) .....	73
5.2	Étude du pouvoir antibactérien .....	74
5.2.1	Sensibilité des souches bactériennes aux antibiotiques.....	74
	Les résultats concernant la sensibilité des souches bactériennes aux antibiotiques testés sont présentés dans le Tableau 10. ....	74
5.2.2	Sensibilité des souches bactériennes aux extraits .....	76
5.2.3	Détermination de la CMI et CMB.....	81
5.3	Évaluation de l'activité cicatrisante .....	83
5.3.1	Évaluation macroscopique .....	83
5.3.2	Évaluation microscopique .....	86
	<i>Conclusion</i> .....	<b>91</b>

## *Références Bibliographique*

## *Annexes*

# Table des matières

---

## Résumé

---

Le présent travail a pour objectif de faire une étude ethnobotanique de la plante *Hammada scoparia* (Remt) dans la région semi-aride de l'ouest Algérien, et de déterminer certaines activités biologiques de ses extraits (in vivo et in vitro). L'espèce *Hammada scoparia* est une plante chamaephyte vivace, le dépouillement de l'enquête ethnobotanique témoigne son large usage thérapeutique dans la région d'étude où elle a de nombreuses vertus thérapeutiques dont les plus importantes sont le traitement contre les piqûres de scorpion, l'intoxication, l'inflammation et les plaies cutanées. Le dosage par la méthode de spectrophotométrie des composés phénoliques, a révélé que l'extrait aqueux a présenté une teneur très importante en flavonoïdes ( $246,72 \pm 4,78$  mg EQ/g) et en tanins condensés, avec une teneur moins remarquable ( $3,73 \pm 1,1$  mg EC/g) tandis que l'extrait éthanolique a affiché la concentration la plus élevée en phénols totaux avec une teneur de ( $37,16 \pm 1,67$  mg GAE/g). Par ailleurs, l'activité antioxydante des extraits par la méthode de DPPH, a montré que l'extrait éthanolique testé à un potentiel antioxydant très important, avec une IC50 de 1,4 mg/ml par rapport à l'extrait aqueux qui a affiché une IC50 de 1,86 mg/ml. Les extraits aqueux, méthanolique et éthanolique ont démontré un potentiel antioxydant par le biais du test FRAP, avec des valeurs de 11.91 mg eq AAs/g, 11.76 mg eq AAs/g et 10.69 mg eq AAs/g respectivement. L'activité antibactérienne des trois extraits testés (éthanolique, méthanolique et aqueux), sur *Staphylococcus aureus*, s'avèrent avoir un pouvoir intéressant avec un diamètre d'inhibition de  $14,64 \pm 0,58$  mm (extrait méthanolique),  $11,67 \pm 0,58$  mm (extrait éthanolique) et  $12 \pm 1,00$  mm (extrait aqueux), et un effet moins important pour *K. pneumonia* et *B. subtilis*. Cependant, les bactéries à Gram négative telle que *E. coli* et *P. aeruginosa* ont présenté une résistance contre les trois extraits testés. De même, la méthode des dilutions en milieu liquide a révélé des résultats importants avec l'extrait méthanolique, avec des valeurs de CMI entre 12,5 et 33,33 mg/ml pour les souches bactériennes (*B. subtilis*, *S. aureus*, *K. pneumonia* et *E. coli*) par rapport aux deux autres extraits éthanolique et aqueux. À propos de l'activité cicatrisante, l'extrait aqueux de la partie aérienne de *H. scoparia* a révélé un pouvoir cicatrisant très remarquable sur les surfaces des plaies, avec un pourcentage de rétrécissement de  $97,94 \pm 4,60$  après 12 jours de l'application, en comparaison avec la pommade de référence  $91,21 \pm 4,08$ . Ces résultats ouvrent une perspective intéressante dans le domaine clinique, pharmaceutique et suggère l'utilisation potentielle de Remth comme un médicament cicatrisant (pommade à base de *H. scoparia*).

**Mots clé :** *Hammada scoparia*, ethnobotanique, activité biologique, semi-aride.

## Abstract

---

The present study aims to carry out an ethnobotanical study of the plant *Hammada scoparia* (Remt) in the semi-arid region of western Algeria, and to determine some biological activities of its extracts (in vivo and in vitro). The *Hammada scoparia* species is a perennial. The ethnobotanical survey shows that it is widely used therapeutically in the study region, where it has many therapeutic virtues, the most important of which are the treatment of scorpion stings, intoxication, inflammation, and skin wounds. Spectrophotometric determination of phenolic compounds revealed that the aqueous extract contained a very high level of flavonoids ( $246.72 \pm 4.78$  mg EQ/g) and condensed tannins, with a less remarkable level ( $3.73 \pm 1.1$  mg EC/g), while the ethanolic extract had the highest concentration of total phenols ( $37.16 \pm 1.67$  mg GAE/g). In addition, the antioxidant activity of the extracts, using the DPPH method, showed that the ethanolic extract tested had a very high antioxidant potential, with an IC<sub>50</sub> of 1.4 mg/ml compared with the aqueous extract, which showed an IC<sub>50</sub> of 1.86 mg/ml. The aqueous, methanolic and ethanolic extracts showed antioxidant potential in the FRAP assay, with values of 11.91 mg eq AAs/g, 11.76 mg eq AAs/g and 10.69 mg eq AAs/g respectively. The antibacterial activity of the three extracts tested (ethanolic, methanolic and aqueous), on *Staphylococcus aureus*, proved to be interesting with an inhibition diameter of  $14.64 \pm 0.58$  mm (methanolic extract),  $11.67 \pm 0.58$  mm (ethanolic extract) and  $12 \pm 1.00$  mm (aqueous extract), and a less significant effect for *K. pneumonia* and *B. subtilis*. In contrast, Gram-negative bacteria such as *E. coli* and *P. aeruginosa* showed resistance against all three extracts tested. Similarly, the liquid dilution method revealed significant results with the methanolic extract, with MIC values between 12.5 and 33.33 mg/ml for the bacterial strains (*B. subtilis*, *S. aureus*, *K. pneumonia* and *E. coli*) compared with the other two extracts, ethanolic and aqueous. Regarding healing activity, the aqueous extract of the aerial part of *H. scoparia* showed remarkable healing power on wound surfaces, with a percentage reduction of  $97.94 \pm 4.60$  after 12 days of application, compared with the reference ointment  $91.21 \pm 4.08$ . These results open an interesting perspective in the clinical and pharmaceutical fields and suggest the potential use of Remth as a healing drug (*Hammada scoparia* based ointment).

**Key words:** *Hammada scoparia*, ethnobotany, biological activity, semi-arid.

## ملخص

يهدف العمل الحالي إلى دراسة الإمكانيات العلاجية لنبات الرمث من خلال أولاً التحقيق الإثني العرقي النباتي في المنطقة شبه القاحلة في غرب الجزائر ثم تقييم النشاط الدوائي على نموذج حيواني (نشاط الشفاء من الجروح) وفي المختبر (نشاط مضاد للأكسدة ومضاد للميكروبات).

أثبت التحقيق أن الرمث يستخدم كعلاج: للسعات العقرب والتسمم والالتهاب والجروح الجلدية كشف القياس الطيفي للمركبات الفينولية أن المستخلص المائي يحتوي على نسبة عالية جداً من الفلافونويد ( $4,78 \pm 246,72$  ملغ/) والعفص المكثف، مع محتوى أقل بروزاً ( $1,1 \pm 3,73$  ملغ/) بينما أظهر المستخلص الإيثانولي أعلى تركيز لإجمالي الفينولات مع محتوى ( $1,67 \pm 37,16$  ملغ/)، بالإضافة إلى ذلك أظهر النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات بطريقة DPPH

أن المستخلص الإيثانولي الذي تم اختياره له إمكانيات عالية جداً لمضادات الأكسدة، مع IC 50 من 1.86 ملغ/مل مقارنة بالمستخلص المائي الذي أظهر IC50 من 1.4 ملغ/مل. أظهرت المستخلصات المائية والميثانوية والإيثانولية أن لها قدرة مضادة للأكسدة من خلال اختبار FRAP بقيمة 11.91 ملغ/ و 11.1 ملغ/ و 10.69 ملغ/ على التوالي. أثبت أن النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصات الثلاثة (الإيثانوليك والميثانوليك والمائي)، على المكورات العنقودية الذهبية، ان لها قوة مثيرة للاهتمام بقطر تثبيط يبلغ  $0,58 \pm 14,6$  مم (مستخلص الميثانوليك) و  $0,58 \pm 11,67$  مم (مستخلص إيثانوليك) و  $12 \pm 1,00$  مم (مستخلص مائي)، وتأثير أقل على كل من كلبيسلا الرئوية والعصوية الرقيقة، أظهرت البكتيريا سلبية الغرام مثل الإشريكية القولونية والزائفة الزنجارية مقاومة ضد المستخلصات الثلاثة التي تم اختبارها. وبالمثل، أظهرت طريقة التخفيف السائل نتائج مهمة مع مستخلص الميثانوليك، مع قيم IMC تتراوح بين 12.5 و 33.33 ملغم/مل للسلاسل البكتيرية (العصوية الرقيقة والغنقودية الذهبية والكلبيسلا الرئوية والإشريكية القولونية) مقارنة بالمستخلصات الإيثانولية والمائية الأخرى. بخصوص القدرة الشفائية للجروح، كشف المستخلص المائي للجزء الهوائي من الرمث عن قوة شفاء ملحوظة للغاية على أسطح الجروح، حيث بلغت نسبة الانكماش  $97.94 \pm 4.60\%$  بعد 12 يوماً من التطبيق، مقارنة بالمرهم  $91.2 \pm 4.08$ . تفتح هذه النتائج منظوراً مثيراً للاهتمام في المجال الطبي والصيدلاني وتقترح الاستخدام المحتمل للرمث كدواء شفاء (مرهم يعتمد على حمادة سكوباريا).

**الكلمات المفتاحية:** الرمث المكنسي، النبات العرقي، النشاط البيولوجي، شبه قاحلة.



# *INTRODUCTION*

## Introduction

---

Les plantes médicinales sont actuellement une ressource incontournable pour explorer de nouvelles molécules thérapeutiques, qui s'avèrent très efficaces contre un large éventail de maladies (Alamat., 2022). L'étude des plantes offre un potentiel précieux pour la découverte de nouvelles substances aux propriétés antioxydantes et antimicrobiennes (Jadimurthy et al., 2023). Cette dernière a été démontré contre les agents pathogènes humains résistants aux médicaments, notamment les bactéries, les champignons et les virus (Mannan et Kumar., 2023).

En Algérie, une liste exhaustive de plantes est associée à des remèdes traditionnels, souvent utilisées sous forme de tisanes, d'extraits, ou de préparations complexes, en absence d'une compréhension approfondie des molécules responsables de leurs actions. Certains effets pharmacologiques démontrés in vivo ont été attribués à des composés tels que les alcaloïdes et leurs dérivés, les terpènes, les stéroïdes, et les composés poly phénoliques (Adli et Yousfi., 2001).

L'approche ethnobotanique revêt une importance majeure dans le domaine de la médecine traditionnelle (Kusumo et al., 2023). La collecte d'informations ethnobotaniques à partir de diverses régions du monde permet d'identifier des remèdes thérapeutiques et de constituer une base de données sur les plantes médicinales (Canga et al., 2022).

*Hammada scoparia*, une plante halophyte appartenant à la famille des chénopodiacées, poussant dans les régions arides et semi arides (Boucherit et al., 2018). Elle est largement reconnue pour sa concentration élevée en métabolites secondaires, tels que les polyphénols et les alcaloïdes (Bouaziz et al., 2016). La plante connue chez la population locale sous le nom "Remth", est fréquemment employée dans la médecine traditionnelle pour soulager divers maux tels que les troubles gastro-intestinaux, les piqûres de scorpion, les plaies, l'infertilité et les douleurs osseuses. En outre, elle est utilisée en Tunisie et au Maroc pour traiter des affections oculaires. De multiples propriétés pharmacologiques ont été attribuées à cette plante, incluant des activités anticancéreuses, antioxydantes, antidiabétiques, antimicrobiennes, larvicides, etc (Messaouda et al., 2016).

Ces dernières années, les plaies sont devenues un problème pathologique très difficile (Natarajan et al., 2000), (Rice et al., 2014), (Boakye et al., 2018). En raison de leur fréquence élevée et du coût important de la prise en charge des plaies chroniques. Les plaies ont un impact socio-économique important. En outre, la qualité de vie de l'individu, de la famille et de la société dans son ensemble est affectée par la douleur, la perte de fonction et de mobilité, ainsi que par les effets psychologiques néfastes associés aux plaies chroniques (FrykbergRobert., 2015).

## Introduction

---

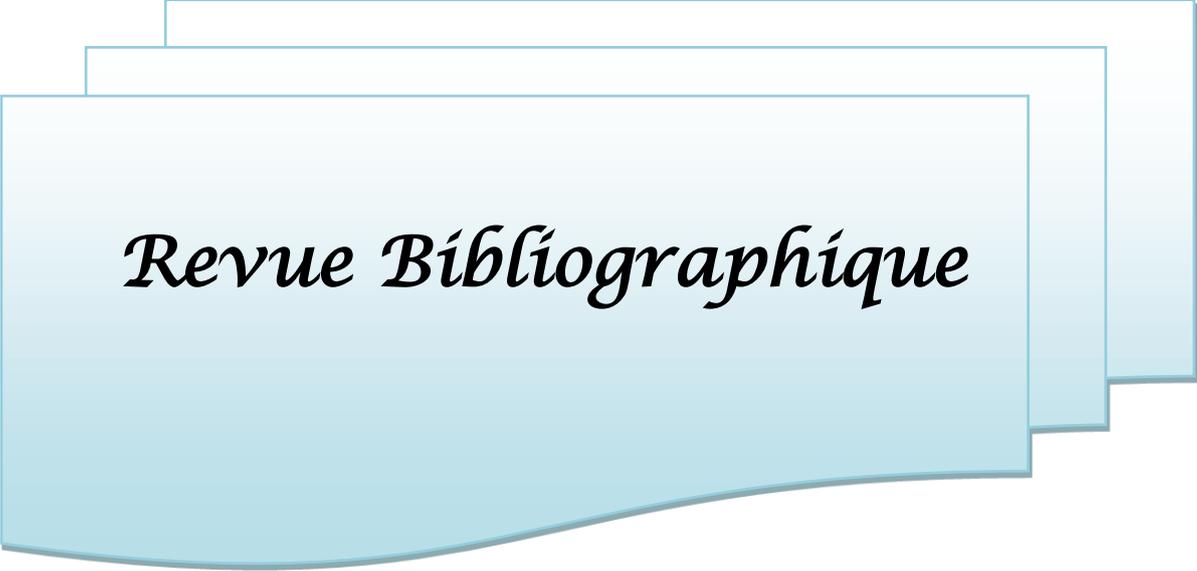
L'objectif de ce travail de thèse est d'analyser certaines activités biologiques de *Hammada scoparia* provenant de la région Semi-aride algérienne, une plante mentionnée dans les études ethnobotanique pour le traitement de plusieurs maladies principalement le traitement contre les piqûres de scorpion, l'intoxication, l'inflammation et contre les plaies cutanées où elle a été prise comme choix d'une évaluation in vivo. Cependant, aucune recherche n'a été entreprise pour approfondir la compréhension de cette activité thérapeutique.

Cette étude comprend, d'une part, une enquête ethnobotanique menée dans la région semi-aride de l'ouest algérien, en interrogeant les enquêtés qui ont une connaissance approfondie des plantes médicinales. Les résultats de cette enquête permettront d'identifier le rôle potentiel de *Hammada scoparia* dans la pharmacopée traditionnelle et son impact dans la prophylaxie.

D'autre part, cette enquête est suivie par une caractérisation physico-chimique et microbiologique, ainsi que d'un criblage phytochimique visant à déceler la présence des groupes de familles chimiques dans une préparation médicamenteuse à base de *Hammada scoparia*.

Parallèlement, une évaluation des activités biologiques des différents extraits de *Hammada scoparia* sera entreprise et cela par :

- Une extraction aqueuse et hydroalcoolique des parties aériennes de *Hammada scoparia*.
- Une évaluation de l'activité antioxydante des différents extraits de *Hammada scoparia*.
- La mise en évidence des propriétés antibactériennes des extraits de *Hammada scoparia* vis-à-vis de cinq souches bactériennes.
- Une évaluation in vivo de l'effet cicatrisant de l'extrait aqueux de *Hammada scoparia* sur des rats Wistar après l'induction d'une plaie cutanée par excision.



*Revue Bibliographique*

*Chapitre I : Généralités sur  
l'ethnobotanique et Les plantes  
médicinales*

# **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

## **1.1 Généralité sur l'ethnobotanique**

### **1.1.1 Définition de l'ethnobotanique**

L'ethnobotanique est une branche des sciences naturelles consacrée à l'examen des usages de la flore locale par différentes communautés humaines (Katara et al., 2023). Cette discipline explore les interactions entre les humains et les plantes dans un contexte culturel, écologique et évolutive à travers l'ensemble de l'histoire (Nair et al., 2023).

Les diverses enquêtes réalisées ont révélé que la majorité des populations rurales recourent largement aux plantes médicinales pour leur traitement, en s'appuyant sur les pratiques des tradipraticiens. L'utilisation traditionnelle de ces plantes médicinales joue un rôle fondamental dans la médecine, tant dans ses aspects préventifs que curatifs (Kroa et al., 2022) (Ravichandran et al., 2023).

### **1.1.2 L'intérêt de l'ethnobotanique**

L'ethnobotanique peut contribuer à la découverte de nouvelles substances actives potentielles à des fins pharmaceutiques (Süntar., 2020).

De nombreux principes actifs largement utilisés dans la médecine moderne actuelle sont dérivés des connaissances médicales populaires et traditionnelles. La découverte de ces composés repose sur l'observation de l'efficacité de certaines plantes issues de diverses traditions médicales, telles que les pharmacopées arabes, européennes, indiennes et chinoises, ainsi que sur l'analyse des usages de plantes dans les médecines traditionnelles (Nikam., 2023).

De nombreux médicaments couramment employés de nos jours, tels que l'aspirine, l'éphédrine, l'ergométrine, la digoxine, ont été dérivés de la médecine traditionnelle grâce à des recherches bio scientifiques appropriées (Lall., 2019).

## **1.2 Généralité sur les plantes médicinales**

### **1.2.1 Définition des plantes médicinales**

Les plantes médicinales sont des végétaux qui possèdent des propriétés pharmacologiques pouvant être exploitées à des fins thérapeutiques. Ces propriétés résultent de la présence de divers composés actifs qui ont un impact sur l'organisme humain. Elles sont utilisées dans des domaines tels que la pharmacie pour les humains et les animaux, la cosmétologie, la préparation de boissons, soit sous leur forme naturelle, dans des préparations galéniques, ou sous forme d'ingrédients actifs pour la création de médicaments (Azab et al., 2023).

## 1.2.2 Principes actifs des plantes médicinales

Le monde végétal demeure une source majeure d'opportunités, avec des dérivés de plantes qui occupent une place prépondérante dans la pharmacopée humaine. Depuis des milliers d'années, il offre une ressource inestimable en matière de médicaments (**Mandal et al., 2022**).

Dans ce cadre, le principe actif désigne une molécule présente dans une plante médicinale ou dans une préparation à base de plantes médicinales, et qui est utilisée dans la fabrication de médicaments (**Fischer et al., 2012**).

Actuellement, les produits naturels suscitent un intérêt croissant, et de nombreux chercheurs se sont intéressés sur l'identification et la caractérisation des composés bioactifs présents dans les extraits de plantes, qu'il s'agisse de racines, de tiges, d'écorces, de feuilles, de fleurs, de fruits ou de graines (**Dubey et Pandey., 2023**).

### 1.2.2.1 Les alcaloïdes

Au commencement du 19<sup>ème</sup> siècle, le terme d'alcaloïde a été introduit par W. Meisner pour décrire des composés naturels ayant des propriétés basiques. Le terme "alcaloïde" trouve ses origines dans le mot arabe "al kaly," signifiant la soude, et le mot grec "eidos," signifiant l'aspect (**Talapatra et al., 2015**).

Les alcaloïdes sont généralement des composés organiques d'origine végétale, contenant de l'azote, présentant des propriétés physiologiques prononcées à de faibles concentrations, et leur nom se termine fréquemment par "ine".

Dans leur état naturel, ils se trouvent fréquemment sous forme de sels associés à des acides organiques (tels que tartrates et malates) ou en combinaison avec des tanins (**Badri et al., 2019**).

Il s'agit de composés dérivés d'acides aminés tels que le tryptophane, l'ornithine, la lysine, l'aspartate, l'anthranilate, la phénylalanine et la tyrosine (**Wansi et al., 2013**). Les alcaloïdes jouent également un rôle clé en tant que composants actifs dans de nombreuses plantes, qu'elles soient médicinales ou toxiques. Par exemple, des alcaloïdes notables comprennent la quinine et la cocaïne. De plus, ils sont à l'origine de nombreux médicaments utilisés en thérapeutique moderne, tels que la morphine, qui a été isolée à partir de l'opium "Papaver somniferum" en 1805, ainsi que ses dérivés toxiques, la codéine et l'héroïne (**Samy et Gopalakrishnakone., 2008**).

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

La classification des alcaloïdes est basée sur leur activité biologique et écologique, leurs structures chimiques et leur voie de biosynthèse. Ils sont regroupés en alcaloïdes véritables, protoalcaloïdes et pseudoalcaloïdes (**Laghezza et al., 2019**).

- Véritables alcaloïdes : contiennent un atome d'azote dans une structure cyclique hétérocyclique.
- Protoalcaloïdes : composés azotés non dérivés d'un cycle hétérocyclique.
- Pseudoalcaloïdes : composés de type alcaloïde non dérivés d'acides aminés

Les alcaloïdes jouent un rôle important dans la protection des plantes, agissant comme des éléments défensifs contre les prédateurs et servant de réservoirs de stockage d'azote. Ils ont une efficacité thérapeutique dans les médecines modernes et traditionnelles, avec des exemples tels que la caféine et la vincristine (**Srivasatava., 2022**).

Les alcaloïdes présentent également un potentiel dans la prise en charge de diverses maladies, telles que les maladies neurodégénératives et le diabète, en raison de leurs effets antioxydants et de leurs caractéristiques multicibles. Les alcaloïdes dérivés des plantes font partie du plus grand groupe de métabolites secondaires d'origine végétale ayant une efficacité thérapeutique à la fois dans les médecines modernes et traditionnelles (**Vincent et al., 2023**).

Les alcaloïdes constituent un outil majeur pour la protection des plantes contre les agents pathogènes et les prédateurs en raison de leur toxicité (**Sirin et al., 2022**).

Les alcaloïdes présentent également un potentiel dans la prise en charge de diverses maladies, telles que les maladies neurodégénératives (**Sirin et al., 2022**), et le diabète, en raison de leurs effets antioxydants et de leurs caractéristiques multiciblées (**Adhikari., 2021**).

### **Propriétés physico-chimiques**

Les alcaloïdes représentent un groupe important et très diversifié de composés de faible poids moléculaire liés uniquement par la présence d'un atome d'azote dans un cycle hétérocyclique, et sont organisés en groupes selon la structure de leur squelette carboné (**Yang et Stöckigt., 2010**).

Le caractère basique des alcaloïdes permet la formation de sels avec des acides minéraux ou des acides organiques, les sels alcaloïdes sont généralement solubles dans l'eau et les alcools

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

dilués, et ne sont pas solubles dans les solvants organiques sauf dans de rares cas (**Badri et al., 2019**).

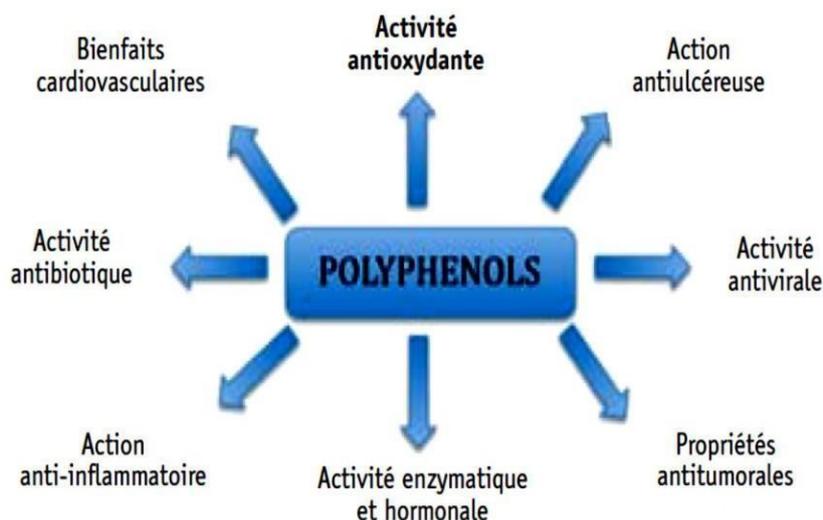
Les alcaloïdes constituent une classe majeure de produits naturels. La présence obligatoire d'azote/d'azote (s) dans leur contenu élémentaire confère à ces composés un caractère basique (**Talapatra et al., 2015**).

### **1.2.2.2 Les composés phénoliques**

Il s'agit de composés aromatiques qui contiennent au moins un groupe phénol. Ils comprennent plusieurs sous-groupes, notamment les acides phénols, les flavonoïdes, les coumarines et les tanins. Les polyphénols est une classe de ces composés, sont couramment utilisés dans la phytothérapie pour traiter les problèmes liés à la circulation veineuse. Ces molécules sont souvent présentes sous forme d'hétérosides, ce qui est rarement le cas pour les alcaloïdes (**KHENAKA., 2011**).

Ces composés jouent un rôle important dans la défense chez les plantes, en fournissant une protection contre les agents pathogènes et servant de composés allélopathiques (**Hamid et al., 2023**). En plus d'influer sur la couleur et les caractéristiques sensorielles des fruits et légumes, les effets bénéfiques des composés phénoliques ont été associés à leur capacité antioxydante (**Zhang et al., 2022**). En agissant en tant qu'antioxydants, attractifs, répulsifs et antimicrobiens, et sont essentiels à la croissance, au développement et à la réponse au stress. Leur concentration peut être influencée par divers facteurs tels que les variations physiologiques, les conditions environnementales, les variations géographiques, les facteurs génétiques et l'évolution. Ils sont également impliqués dans la transduction du signal, la biosynthèse des phytoalexines et la génération d'espèces réactives de l'oxygène, contribuant aux systèmes de défense des plantes en surface et en sous-sol (**Pratyusha., 2022**)

Les polyphénols ont donc été identifiés comme ayant des propriétés anti-inflammatoires, anti-allergiques, antithrombotiques et antitumoraux (**BOUHAOUS., 2022**) (**Figure 1**).

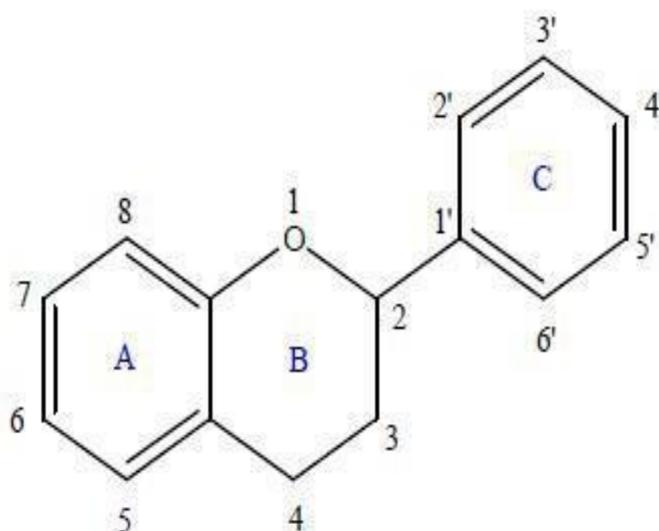


**Figure 1.** Propriétés des polyphénols (BOUHAOUS., 2022).

### 1.2.2.3 Les flavonoïdes

Le terme "flavonoïde" regroupe une vaste variété de composés naturels qui font partie de la famille des polyphénols. Leur rôle principal semble être la coloration des fleurs, des fruits, et parfois des feuilles, en complément de la chlorophylle, des caroténoïdes et des bêtaïnes (Cesa et al., 2022).

Tous les flavonoïdes partagent une origine biosynthétique commune et possèdent la même structure de base. Généralement, ils sont classés en cinq catégories : flavonols, flavones, anthocyanidines, flavonones et chalcones (Abou Baker., 2022).



**Figure 2.** Structure de base des flavonoïdes (Barreca et al., 2011).

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

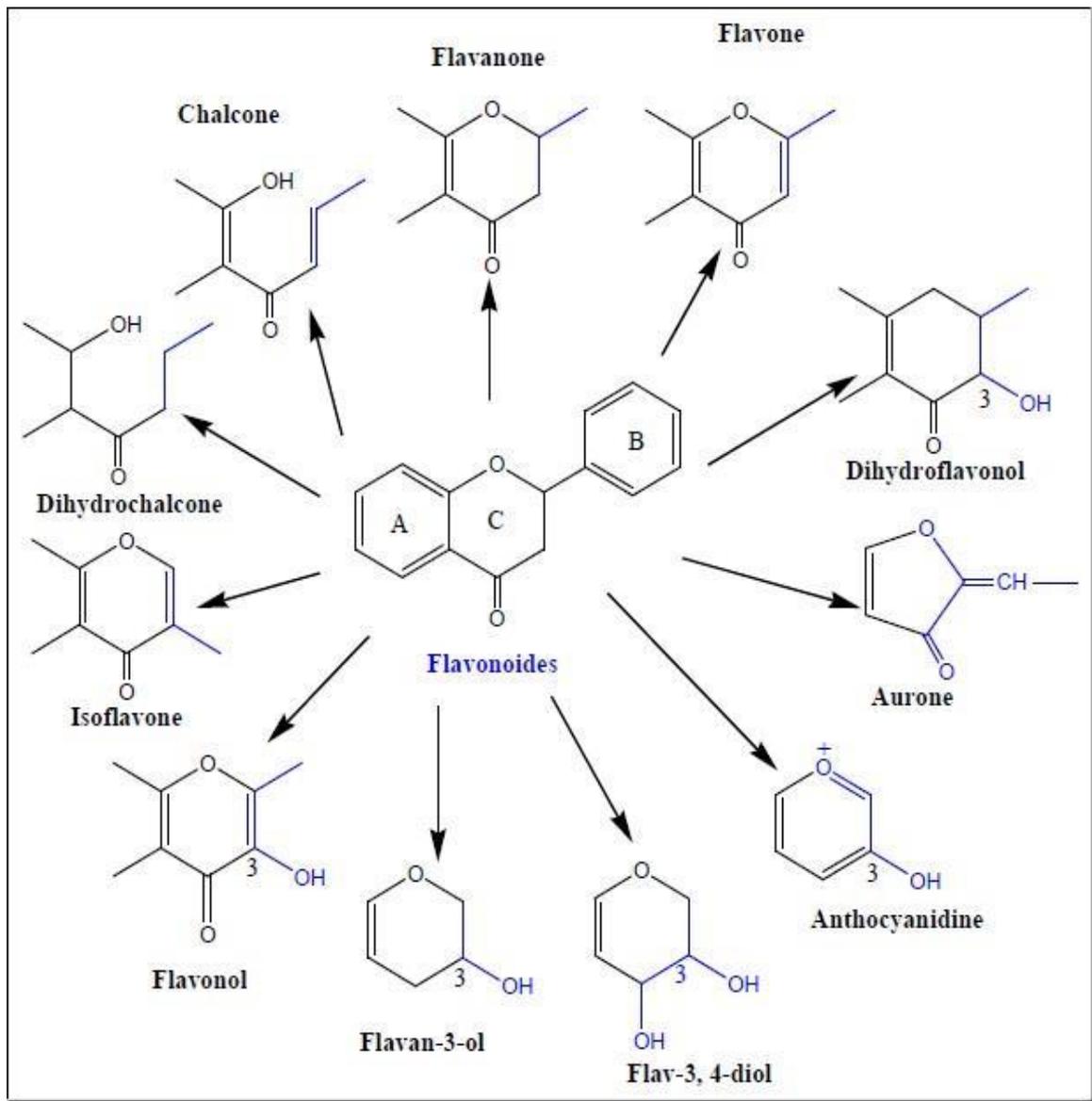
---

Les flavonoïdes sont des composés naturels présents dans les fruits, les légumes et autres produits à base de plantes, connus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses (**Panche et al., 2016**).

Il a été démontré qu'ils inhibent la croissance et le développement des tumeurs, modulent la fonction enzymatique cellulaire clé et possèdent des activités antivirales (**Gupta et al., 2022**).

Les flavonoïdes présentent également des propriétés antioxydantes en éliminant les radicaux libres et en augmentant la capacité antioxydante (**Czaplińska et al., 2012**).

De plus, il a été démontré qu'ils jouent un rôle dans l'inhibition des maladies neurodégénératives et du vieillissement, ainsi que dans la protection contre les rayonnements ionisants et UV (**Gălățanu et al., 2022**).



**Figure 3.** Principales classes des flavonoïdes (BOUHAOUS., 2022).

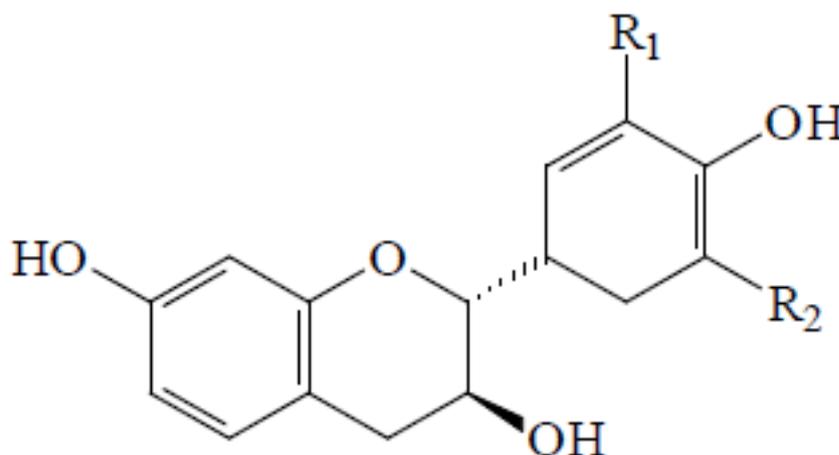
### 1.2.2.4 Tanins

Le terme "tanin" trouve son origine dans l'utilisation de cette catégorie de composés dans le processus de tannage du cuir. Les tanins sont un groupe diversifié de composés poly phénoliques présents dans diverses sources naturelles, les tanins condensés et hydrolysables étant les deux formes fondamentales. Ils sont connus pour leurs effets antinutritionnels, mutagènes et cancérigènes, mais des recherches récentes ont révélé leurs avantages potentiels pour la santé, notamment leurs propriétés antioxydantes, anticancéreuses et anti-inflammatoires. Les tanins ont une capacité de liaison avec les protéines et d'autres molécules, ce qui conduit à leur utilisation intensive comme astringents et dans l'industrie pharmaceutique. Ils jouent un rôle important dans la protection des plantes contre les herbivores et ont diverses

## Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales

applications industrielles, telles que la production de cuir et les utilisations biomédicales (Pagliaro et al., 2021).

Les tanins sont des composés phénoliques complexes, solubles dans l'eau, avec un poids moléculaire situé entre 500 et 3 000 Da (KAMRA D.N et al., 2006). Les tanins de faible poids moléculaire présentent une activité inhibitrice plus prononcée en raison de leur capacité à former des liaisons plus fortes avec les enzymes et les protéines, comparativement aux tanins de poids moléculaire élevé. L'incorporation de différents types de fourrages riches en tanins entraîne une réduction de la production de méthane in vitro et in vivo. Cependant, la digestibilité est susceptible de diminuer considérablement si la concentration de ces composés dépasse les 5% dans la ration (AMLAN K., PATRA J. S., 2010).



$R_1 = R_2 = H$  : Afzéléchol

$R_1 = OH$  ;  $R_2 = H$  : Catéchol

$R_1 = R_2 = OH$  : Gallocatéchol

Figure 4. Structure de quelques tanins (RAMLI., 2013).

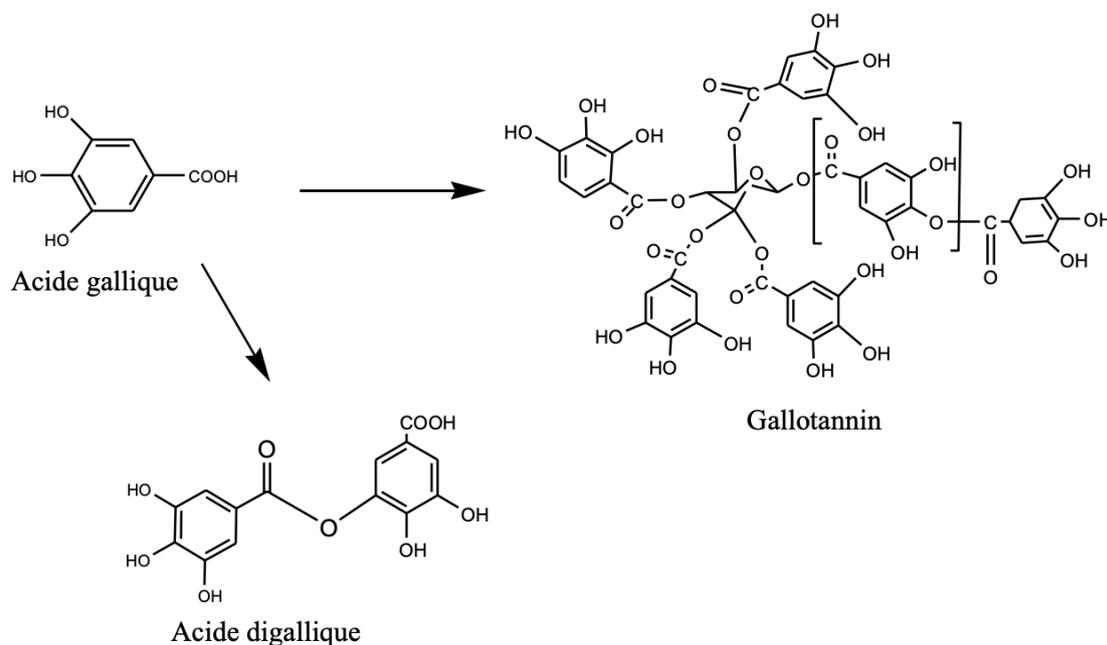
Il existe deux types de tannins en fonction de leur structure : les tannins hydrolysables et les tannins condensés, également appelés pro anthocyanidines.

### ➤ Les tannins hydrolysables

Il s'agit de polymères avec une molécule de glucose polyestérifiée par des acides gallique et/ou ellagique, ce qui permet de distinguer les gallo-tanins (tannins galliques) des ellagi-tanins

## Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales

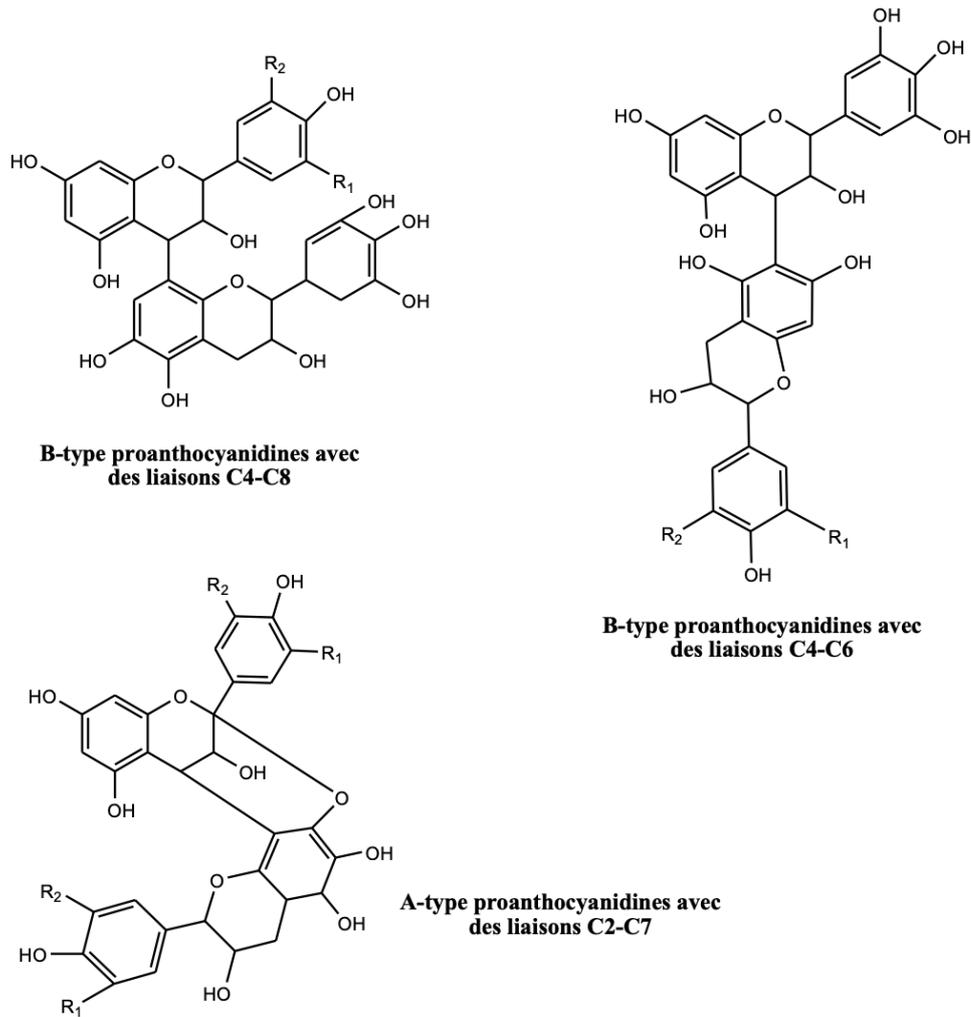
(tanins ellagiques). Ils renferment parfois des chaînes d'esters d'acide gallique, comme leur nom l'indique, et sont facilement hydrolysables par les acides et les enzymes (tannase) en pyrogallol. Ces composés sont caractéristiques des angiospermes dicotylédones et se trouvent principalement dans les parois et les espaces intracellulaires des cellules (Rira., 2019)



**Figure 5.** Structure générale des tanins hydrolysables (Grasel et al., 2016).

### ➤ Les tannins condensés

Tanins condensés, également désignés sous le nom de catéchines ou de proanthocyanidines. (Smeriglio et al., 2017). Il s'agit de polymères flavanoliques composés d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone, le plus souvent C4-C8 ou C4-C6. (Rira., 2019).



**Figure 6.** Exemple des divers types de condensations (liaisons) se produisant dans les oligomères et les polymères de tanins condensés (Smeriglio et al., 2017).

### 1.2.2.5 Les coumarines

Les coumarines tirent leur appellation du terme « coumarou », le nom vernaculaire de la fève Tonka, *coumarouna odorata* (une légumineuse) d'où la coumarine a été extraite en 1820. Ces composés sont largement répandus dans le règne végétal (Sarker et Nahar., 2017).

Les coumarines sont des produits végétaux naturels dont les propriétés phytochimiques et pharmacologiques ont fait l'objet d'études approfondies. La biosynthèse des coumarines implique l'ortho-hydroxylation de dérivés du cinnamate, catalysée par des dioxygénases dépendantes de la 2-oxoglutarate (2OGD) (Yadav et al., 2023).

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

On retrouve les coumarines dans diverses familles de plantes telles que les Apiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Rutaceae et Solanaceae. Sur le plan structural, elles se divisent en coumarines simples avec des substituants sur le cycle du benzène, les furanocoumarines, les pyranocoumarines, celles substituées en position 3 et/ou 4, et enfin, le groupe des dimères (Smyth et al., 2009).

Il a été rapporté qu'ils possèdent des effets cytotoxiques, antiviraux, immunostimulants, tranquillisants, vasodilatateurs et anticoagulants (Boulaamane et al, 2023), (Flores-Morales, 2023). De plus, les coumarines se sont révélées bénéfiques dans le traitement des troubles cutanés (Sierra et al, 2021). Les activités biologiques des coumarines et de leurs dérivés incluent également des effets anti-inflammatoires, antioxydants, antimicrobiens et neuroprotecteurs (Ismael et al, 2022). De plus, les composés à base de coumarine ont démontré leur potentiel en tant qu'agents antiprotozoaires (Sierra et al, 2021).

### **1.2.2.6 Les Saponosides**

Les saponines sont des composés bioactifs présents dans les plantes, les champignons endophytes et les organismes marins. Ce sont des glycosides composés d'une partie non sucrée appelée aglycone attachée à une fraction sucrée. Selon la nature chimique de l'aglycone, les saponines peuvent être classées en saponines triterpénoïdes ou stéroïdiennes. Il a été démontré que les saponines triterpénoïdes possèdent diverses activités biomédicales et pharmaceutiques, notamment des activités antimicrobiennes, hémolytiques, hypolipidémiques, immunomodulatrices et cytotoxiques (Schmid et al., 2018).

Les saponines tirent leur nom du fait qu'elles partagent avec le savon la propriété de produire de la mousse, étant des hétérosides capables d'agir sur la perméabilité des membranes cellulaires (Kregiel et al., 2017). Ils possèdent des caractéristiques anti-inflammatoires et anti-œdémateuses (Schmid et al., 2018). Ils présentent une toxicité notable envers les poissons et d'autres organismes aquatiques (Shibata., 1977).

### **1.2.3 Les domaines d'utilisation des plantes médicinales**

#### **1.2.3.1 Domaine pharmaceutique**

Les plantes sont utilisées à des fins médicinales depuis des milliers d'années et continuent d'être une source précieuse de médicaments dans le domaine pharmaceutique. Les produits naturels dérivés de plantes, tels que les herbes, les épices et d'autres parties de plantes, contiennent des

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

composés bioactifs qui ont des activités biologiques et peuvent être utilisés pour développer de nouveaux médicaments (Akram et al., 2023).

Les composés d'origine végétale ont démontré des propriétés antioxydantes, antibactériennes, antivirales et anti-inflammatoires, ce qui en fait des alternatives potentielles aux médicaments modernes pour contrôler les maladies microbiennes (Bianchi et al., 2022), (Jawaid et Azmat., 2021).

### **1.2.3.2 Domaine thérapeutique**

La médecine traditionnelle, qui repose souvent sur les plantes médicinales, est toujours reconnue comme un système de santé primaire privilégié dans de nombreuses communautés rurales (Susana et al., 2019).

Les plantes médicinales sont traditionnellement utilisées pour les soins de santé et constituent la base de l'émergence de la médecine moderne. Les plantes utilisées à des fins thérapeutiques offrent plusieurs avantages. Ils possèdent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antidiabétiques, hépato et cardioprotectrices, ainsi que des propriétés anticancéreuses (Vats et Taneja., 2019).

L'utilisation de plantes médicinales est une alternative accessible et économiquement viable, à caractère thérapeutique, holistique, préventif et d'entretien pour les maladies chroniques. Cependant, il est important de prendre en compte les aspects liés à la toxicité et à l'identification correcte de ces produits naturels pour garantir une utilisation sûre (Yadav et al., 2020).

### **1.2.3.3 Domaine de l'industrie cosmétique**

L'utilisation de plantes dans l'industrie cosmétique a gagné en popularité en raison de la sensibilisation des consommateurs et du désir d'éviter des produits chimiques nocifs a poussé le marché vers des ingrédients naturels. Dans l'ensemble, l'utilisation de plantes dans l'industrie cosmétique offre la possibilité de créer des produits plus sûrs et plus efficaces qui correspondent aux préférences des consommateurs en matière d'ingrédients naturelles (Uckaya., 2023).

Ces ingrédients naturels se sont révélés avoir des propriétés thérapeutiques telles que des effets anti-inflammatoires, antioxydants et antimicrobiens (Rosamah et al., 2023). Ils peuvent être utilisés comme ingrédients actifs dans les produits de soin de la peau, pour soutenir le traitement anti-acné et réduire l'inflammation de la peau (Rybczyńska-Tkaczyk et al., 2023).

### **1.2.3.4 Domaine de l'agriculture**

L'utilisation des plantes en agriculture est un aspect fondamental de la civilisation humaine. Tout au long de l'histoire, les plantes ont été utilisées à diverses fins telles que l'alimentation, la médecine et les pratiques culturelles (Anna., 2022).

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

il est important d'explorer d'autres sources de nourriture et d'encourager la biodiversité agricole pour résoudre les problèmes liés au changement climatique et garantir la sécurité alimentaire des générations futures. Donc, l'utilisation de plantes en agriculture offre un large éventail d'avantages, notamment une production alimentaire durable, une gestion environnementale et une amélioration de la santé humaine, elle est essentielle au maintien de l'existence humaine et à la promotion d'un système alimentaire sain et diversifié (Serrat et al., 2022).

### **1.2.4 La phytothérapie**

#### **1.2.4.1 Définition**

La phytothérapie est littéralement la "thérapie par les plantes," un terme dérivé du grec "phyton," qui signifie "plantes," et "thérapie," signifiant "soin" ou "cure." (Shelke et al., 2022).

La phytothérapie consiste à soigner ou prévenir les maladies en utilisant des préparations élaborées à partir de plantes dans leur intégralité ou de parties spécifiques de ces plantes, telles que les feuilles, les fleurs, les racines, les fruits et les graines (Warhade et al., 2022).

La phytothérapie contemporaine est une extension de la médecine traditionnelle, reposant sur l'utilisation de composés actifs dérivés de plantes. Elle implique l'utilisation de préparations à base de plantes, qu'il s'agisse de l'ensemble de la plante ou de substances isolées (Beebe et al., 2023).

#### **1.2.4.2 Le mode de préparation et les formes d'emploi**

##### **1.2.4.2.1 L'infusion**

Une infusion se prépare en versant de l'eau bouillante sur des herbes sélectionnées, qu'elles soient sèches ou fraîches. Il convient de couvrir les tasses et de les laisser infuser pendant une période allant de 10 minutes à une heure, soit en maintenant la température à 80°C, soit en laissant refroidir (Studzińska-Sroka et al., 2021).

##### **1.2.4.2.2 La décoction**

La décoction implique de mettre la plante dans de l'eau froide, de la porter à ébullition pendant 10 à 15 minutes, puis de la laisser infuser pendant un quart d'heure (Hu et al., 2022).

##### **1.2.4.2.3 Le cataplasme**

Un cataplasme consiste à appliquer directement sur la peau une plante ou une partie d'une plante, soit enveloppée dans un tissu, dans le but de traiter les inflammations (Luo et Juan., 2015).

### **1.2.4.2.4 Macération**

Les macérations sont principalement employées pour les plantes dont les principes actifs sont susceptibles de se dégrader ou de disparaître sous l'effet de la chaleur, comme lors de l'ébullition. Cette méthode d'extraction se réalise à température ambiante, et elle consiste à immerger les plantes dans un liquide froid pendant plusieurs heures. C'est une technique qui permet d'extraire des composés des plantes en utilisant des solvants de polarité croissante. La durée de la macération dépend des caractéristiques spécifiques de la préparation, et il est essentiel de ne pas prolonger excessivement la macération à l'eau afin d'éviter tout risque de fermentation (Gori et al., 2021).

### **1.2.4.2.5 Poudre**

Les plantes, préalablement séchées à l'ombre, sont finement coupées puis en les broyant en poudre à l'aide d'un mortier. Ces plantes sont commercialisées sous forme de sachets pour la préparation de tisanes (Zhou et al., 2016). Certains individus consomment cette poudre directement en la déposant sur leur langue (Zhang et al., 2014) ou en la mélangeant à leurs aliments (Wang et al., 2016).

### **1.2.4.3 Phytothérapie en Algérie**

La région méditerranéenne possède des zones biogéographiques parmi uniques au monde, ainsi qu'une biodiversité de grande importance comprenant de nombreuses plantes aux vertus thérapeutiques remarquables (Ayachi et al, 2020).

L'Algérie, faisant partie de ces régions méditerranéennes, bénéficie d'une grande diversité climatique, favorisant la croissance abondante des plantes dans les régions côtières, montagneuses, et même sahariennes (Hemmami et al., 2023). Ce pays possède un riche patrimoine de plantes médicinales caractérisé par sa grande variété. Dans le cadre du traitement des affections les plus fréquentes, comme le cancer, les troubles rhumatismaux, le diabète, les infections intestinales parasitaires et les affections cardiovasculaires (ADOUANI et al., 2022).

Dans la steppe algérienne, une étude menée par Miara et al en 2018 a identifié 25 plantes avec de nouvelles utilisations dans la médecine traditionnelle, telles que rapportées par les nomades arabes de cette région. L'observation de ce nombre élevé peut s'expliquer par la singularité de la flore saharienne utilisée par les Touaregs, ce qui différencie leur pharmacopée de celle des autres peuples d'Afrique du Nord.

De plus, diverses personnes, notamment les herboristes et les guérisseurs traditionnels, recourent à des remèdes à base de plantes pour soigner les affections humaines et animales.

## **Chapitre I : Généralités sur l'ethnobotanique et les plantes médicinales**

---

Cette forme de médecine implique la préparation d'extractions issues de racines, d'écorces, de feuilles, de fleurs, de graines, voire de la plante entière, à partir de différentes espèces végétales **(Benamara et al., 2023)**.

### **1.2.4.4 Les avantages de la phytothérapie**

Malgré les avancées significatives de la médecine moderne, la phytothérapie présente de nombreux avantages. Elle permet de recourir à des traitements personnalisés, tandis que les médicaments chimiques sont généralement composés d'une seule molécule. Les plantes agissent en douceur, mais de manière plus profonde grâce à la synergie de leurs divers composants, et elles sont souvent dépourvues d'effets secondaires toxiques. L'utilisation thérapeutique des plantes apparaît de plus en plus comme une alternative aux problèmes associés aux médicaments chimiques **(Miraldi et al., 2018)**.

La phytothérapie connaît actuellement une renaissance particulièrement marquée, notamment dans le traitement des maladies chroniques telles que l'asthme ou l'arthrite. Dans ces cas, les préoccupations liées aux effets secondaires des médicaments poussent les patients à choisir des approches thérapeutiques moins agressives pour l'organisme **(Ojha et al., 2023)**.

*Chapitre II :*  
*Présentation de la*  
*plante*

## Chapitre II : Présentation de la plante

---

### Présentation de la plante « *Hammada scoparia* »

#### 2.1 Noms vernaculaires et synonymes

Nom français : Bunge, Saligne à balai (Ghrabi., 2005).

Nom arabe : الرمث, Remth (Taïr et al., 2016).

#### Autre nomenclature

*Hammada scoparia* (Pomel). Iljin = *Haloxylon scoparium* (Pomel). Bge. = *Haloxylon articulatum* ssp. *scoparium* (Pomel). Batt. = *Arthrophytum scoparium* (Pomel). (Édouard et al, 2010) (Bouaziz et al, 2016).



Figure 7. La plante *Hammada scoparia* (Boucherit et al, 2018).

#### 2.2 Description botanique

*Hammada scoparia* (Pomel) est une plante qui se classe au sein de la famille des Chénopodiacées, comprenant environ 800 espèces réparties dans 75 genres (Zerriouh., 2015). Elle a été officiellement décrite en 1875 par Auguste Pomel sous le nom *Haloxylon scoparium* (Otmani., 2015). Elle a été fréquemment employée comme plante médicinale indigène dans la région sud-ouest de l'Algérie (Eddine et al., 2017).

C'est un arbuste de petite taille, atteignant 80 cm de hauteur et 10 cm de diamètre. Il possède des branches cylindriques et charnues, qui sont articulées, dressées et très nombreuses. Il ne présente pas de feuilles distinctes, mais de très petites feuilles opposées en forme de triangle qui sont fusionnées deux par deux, enveloppant les branches pour leur donner un aspect articulé.

## Chapitre II : Présentation de la plante

---

Les tiges sont fines, abondantes et deviennent ligneuses à la base. Elles noircissent en séchant et se renouvellent partiellement au cours de l'année. La plante produit des épis floraux courts, ainsi que des fruits avec des ailes vivement colorées, souvent de teinte rose ou rouge. Les fleurs sont solitaires et regroupées au sommet des branches. Le système racinaire est composé de racines verticales et horizontales, ce qui permet à la plante de s'ancrer dans le sol et de se protéger contre l'érosion. Le style floral est notablement long et divisé en deux parties. Les fruits se forment au début de l'hiver, portant des graines de taille variant entre 3 et 5 cm (**Boucherit et al., 2018**).

### 2.3 Classification (Boucherit et al., 2018)

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Tracheobionta

**Embranchement :** Spermatophytes

**Sous Embranchement :** Angiospermes

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous-classe :** Caryophyllidae

**Ordre :** Caryophyllales

**Famille :** Amaranthaceae

**Genre :** Hammada

**Espèce :** Hammada scoparia (Pomel) Iljin

### 2.4 Origine et répartition géographique

*Hammada scoparia* est présent dans diverses régions méditerranéennes, notamment dans le sud-est de l'Espagne, en Afrique du Nord, et également au Proche-Orient, couvrant la région irano-touranienne en Iran, en Turquie, en Syrie, ainsi que dans les steppes du Turkestan (**Braz et Mohamed-Hanchour., 2018**).

Cette plante est largement répandue dans la steppe algérienne caractéristique de l'Atlas saharien dans l'ouest de l'Algérie (**Boucherit et al., 2018**), ainsi que dans les régions arides et semi-arides (**Braz et Mohamed-Hanchour., 2018**). Il se développe naturellement dans les environnements arides de la région méditerranéenne (Algérie, Tunisie, et Maroc) et du Proche-Orient (**El-Shazly et Wink., 2003**).

## Chapitre II : Présentation de la plante

### 2.5 Usage traditionnel et activités biologiques

*Hammada scoparia* est largement utilisé dans la médecine traditionnelle en Afrique du Nord (**Tableau 1**). Plusieurs applications traditionnelles ont révélé que les extraits de *Hammada scoparia* ont des propriétés anticancéreuses et anti-diabétique (**Bouaziz et al., 2016 ; Lachkar et al., 2021 ; Taïbi et al., 2020**). Elle traite l'hypertension, la dermatite, l'intoxication alimentaire, la gale, la cicatrisation et la blessure et la gastro-entérite (**Eddouks et al., 2002 ; El-Hadri., 2019 ; Karous et al., 2020**).

**Tableau 1.** Usage traditionnelle de *H. scoparia*.

Partie de la plante et les modes de préparation	Utilisations traditionnelles	Référence
L'extrait à acétate d'éthyle	Les troubles gastriques, les ulcères, les vomissements	(Peerzada <i>et al.</i> , 2020 ; El-Hadri., 2019)
Les feuilles, les rameaux, les fleurs sous forme de décoctions, macérations, cataplasmes, ou pommade	L'indigestion, les morsures des scorpions, des maladies de la peau, et les maux du dos	(Lakhdari <i>et al.</i> , 2016)
Les extraits aqueux des feuilles	Activité hépatoprotectrice chez le rat	(Saidi <i>et al.</i> , 2015)
L'extrait décocté de la partie aérienne	Possède des propriétés anti-cancéreuses	(Taïbi <i>et al.</i> , 2020)
L'extrait aqueux	Propriétés anti-plasmodiales larvicides	(Sathiyamoorthy <i>et al.</i> , 1999)
Les films fabriqués à partir de polysaccharides extraits	Possède une activité cicatrisante	(Eleroui <i>et al.</i> , 2021)

## Chapitre II : Présentation de la plante

de feuilles de <i>Hammada scoparia</i>		
Extrait aqueux de la partie aérienne	Effets antidiabétiques	(Lachkar et al., 2021)
L'extrait au dichlorométhane	Activité anti-inflammatoire	(Belhadj tahar et al., 2017)
Les feuilles, infusées ou en décocté	Sont utilisés comme bain de bouche pour traiter les maladies de la bouche et les maux de dents	(Kherchofa et al., 2020)
La poudre de la partie aérienne	Troubles de la thyroïde	(Taïbi et al., 2021)

**Tableau 2.** Activités biologiques de *H. scoparia*.

Partie utilisée	Extrait	Activité biologique	Référence
<b>Feuilles</b>	Méthanol à 80 %	<b>Antioxydante</b> DPPH  <b>Antibactérienne</b> <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Bacillus cereus</i>	<b>Tamma et al., 2017</b>
<b>Bourgeons</b>	Éthanol 50 %	<b>Antioxydante</b> DPPH β-carotène <b>Antibactérienne</b> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella enterica</i>	<b>Jdey et al., 2017</b>
<b>Parties aériennes</b>	Décoction dans l'eau, extraction	<b>Activité antimicrobienne</b>	<b>Lamchouri et al., 2012</b>

## Chapitre II : Présentation de la plante

	utilisant le Soxhlet avec différents solvants : éther de Pétrôle, chloroforme, acétate d'éthyle, et méthanol	<b>Bactéries :</b> <i>Staphylococcus xylosus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> et <i>Branhamella catarrhalis</i> <b>Champignon :</b> <i>Candida albicans</i>	
--	--	---	--

### 2.6 Composition chimique de *Hammada scoparia*

Les plantes de la famille des Chénopodiacées possèdent une composition chimique diversifiée, comprenant des composés phénoliques, des composés terpéniques et des alcaloïdes. Notamment, les espèces du genre *Hammada* sont reconnues pour leur richesse en alcaloïdes et en flavonoïdes (Benine et al., 2023).

Le tableau 3 présente les principaux composés chimiques identifiés.

**Tableau 3.** La composition chimique de *H. scoparia*.

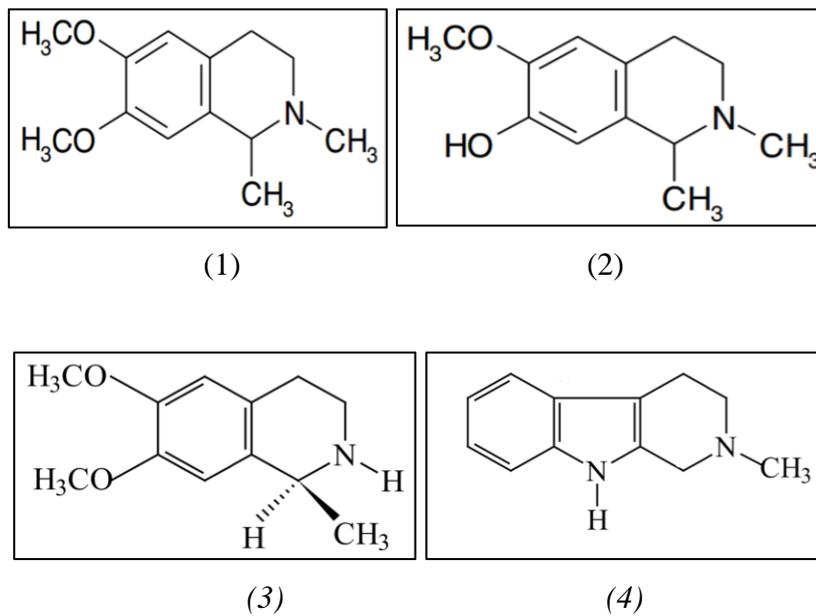
La classe	Les composés	La partie de la plante	Référence
Les alcaloïdes	Carnéguine (1)	Feuilles	(Bouaziz et al., 2016)
	N-methylisosalsoline (2)		
	Salsolidine (3)	Partie Aérienne	(El-Shazly et Wink., 2003)
	β-carboline (4)		

## Chapitre II : Présentation de la plante

Les flavonoïdes triglycérides	Isorhamnetin 3-O-β-D xylopyranosyl- (1'''3'') - α L- rhamnopyranosyl-(1''' 6'')-β-D galactopyranoside.	Feuille	<b>(Salah et al., 2002)</b>
	Isorhamnetin 3-O-β-D apiofuranosyl-(1'''2'') [α L-rhamnopyranosyl- (1'''6'')] -β-D galactopyranoside		
	Isorhamnetin3-O-α-L rhamnopyranosyl- (1'''2'') [α-L rhamnopyranosyl- (1'''6'')] -β-D Galactopyranoside		
Les flavones	Chrysoeriol	Tige	<b>(Chao et al., 2013)</b>
Les phénols	Catéchol		
Les acides phénoliques	Acide coumarique		
	Acide cinnamique		
	Acide cafféoylquinique		
	Acide catéchique		
	Acide syringique	Partie aérienne	<b>(Benkherara et al., 2021)</b>
	Acide vanillique		
	Acide benzoïque		

## Chapitre II : Présentation de la plante

---



**Figure 8.** Structure des principaux alcaloïdes de *Hammada scoparia*.

*Chapitre III :*  
*Activités biologiques*  
*étudiées*

### Activités biologiques étudiées

#### 3.1 Activité Antioxydante

Les dérivés réactifs de l'oxygène (ROS) ainsi que les radicaux libres sont des résidus issus du métabolisme cellulaire normal en présence d'oxygène lors de respiration. Ils se forment dans diverses circonstances, notamment lors de l'exposition aux rayons ultraviolets, aux rayons X et aux rayons gamma, à travers des réactions catalysées par des métaux, en tant que contaminants atmosphériques, produits par les neutrophiles et les macrophages durant les processus inflammatoires, et résultant des réactions de transport des électrons, notamment celles catalysées par les mitochondries et d'autres mécanismes (Yousefiasl et al., 2023).

Il a été rapporté que les ROS peuvent participer aux altérations oxydatives des protéines, des lipides et des acides nucléiques au sein des cellules vivantes. Il est largement établi que les radicaux libres et les dérivés réactifs de l'oxygène jouent un rôle significatif dans l'émergence de nombreuses affections chroniques : les troubles cardiaques, le vieillissement et le cancer (Martinvalet et al., 2022).

L'oxydation excessive des lipides dans les systèmes biologiques, par le biais de réactions en chaîne radicalaires non régulées peut endommager les cellules en altérant les membranes cellulaires et provoquer par la suite divers types d'inflammation et la mort cellulaire (Gaschler et Stockwell., 2017).

Un antioxydant peut être décrit comme une substance ayant la capacité, même à des concentrations relativement faibles, d'entrer en compétition avec d'autres substances oxydables, ce qui permet de ralentir ou d'empêcher l'oxydation de ces dernières (Koltover et Skipa., 2023).

Les extraits de *Hammada scoparia* sont parmi les sources les plus riches en composés phénoliques (flavonoïdes et acides phénoliques), démontrant des activités antioxydantes à la fois in vitro et in vivo, et présentant la capacité d'inhiber la peroxydation lipidique (Kaddour et al., 2019).

Les flavonoïdes stabilisent les espèces réactives de l'oxygène en réagissant avec les composés radicalaires réactifs et en formant des radicaux plus stables et moins réactifs (Speisky et Shahidi., 2022).

Les polyphénols réduisent la concentration de ROS impliqués dans la peroxydation des lipides. De plus, en raison de leur caractère lipophile, ces composés peuvent pénétrer les bicouches lipidiques, ce qui les prédispose à inhiber leur peroxydation. Les flavonoïdes ont également la

## **Chapitre III : Activités biologiques étudiées**

---

capacité, par une action directe, de renforcer la stabilité des membranes biologiques, les rendant ainsi plus résistantes à l'oxydation et réduisant leur perméabilité (Vladu et al., 2022).

### **3.2 Activité antimicrobienne**

#### **3.2.1 Activité antimicrobienne et plantes médicinales**

Les plantes aromatiques et médicinales ont été reconnues pour leurs propriétés antimicrobiennes depuis l'Antiquité. Cependant, il a fallu attendre le début du 20<sup>ème</sup> siècle pour que les chercheurs commencent à s'y intéresser sérieusement sur la question. Plus récemment, l'attention a été mise sur les herbes et les plantes médicinales en tant que sources d'antibiotiques naturels (Ansari et al., 2023). Par ailleurs, la résistance aux antibiotiques par les microorganismes pathogènes, est devenue un problème mondial majeure en raison de son impact sur la santé publique (Bharadwaj et al., 2022). Ainsi, l'intérêt pour les agents antimicrobiens, notamment d'origine végétale, a fortement augmenté ces dernières années.

Les antimicrobiens produits par les plantes ont un spectre d'action plus limité que les antibiotiques conventionnels. En effet, ces derniers sont fortement efficaces contre les bactéries à Gram positif, mais montrent une faible activité contre les bactéries à Gram négatif et les levures (Jubair et al, 2021).

L'activité antimicrobienne des plantes dépend principalement de leurs métabolites secondaires et des principaux composés volatils (FIKRI et al., 2020).

En phytothérapie, ces métabolites sont employés pour traiter les maladies infectieuses, qu'elles soient d'origine bactérienne, telle que les infections endo canalaire et les déséquilibres de la microflore vaginale, ou d'origine fongique, comme les infections cutanées à dermatophytes, les réactions allergiques aux moisissures, ou les infections dues à des champignons opportunistes (Telange et al, 2022).

#### **3.2.2 Les techniques d'étude du pouvoir antimicrobien**

##### **3.2.2.1 Les techniques en milieu liquide**

###### **➤ Méthode des disques de Sarbach**

L'extrait est appliqué à diverses concentrations sur des disques en papier filtre de 10 mm de diamètre, et ces disques sont disposés dans des tubes à essai. Chaque tube contient un volume défini de bouillon nutritifensemencé. Un mouvement mécanique est maintenu pendant toute la période d'incubation. L'effet bactéricide complet est confirmé en transférant une boucle prélevée du milieu de subculture liquide dans un autre milieu liquide. La capacité bactéricide

## Chapitre III : Activités biologiques étudiées

---

partielle est évaluée en calculant le pourcentage de bactéries survivantes après un repiquage sur un milieu solide (Wickert et Williams., 2001).

### ➤ Méthode de Maruzuella

Cette méthode permet d'évaluer l'activité bactéricide en milieu liquide après dissolution de l'extrait dans l'éthanol. Les solutions mères sont préparées en utilisant de l'éthanol à 95%, puis ces solutions alcooliques sont réparties à diverses concentrations dans le milieu liquide préalablement ensemencé. Après la période d'incubation, des cultures secondaires sont réalisées pour déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) (Bolmström., 1994).

### 3.2.2.2 Les techniques en milieu solide

#### ➤ Méthode de Vincent

Il est également connu sous le nom de méthode de l'antibioaromatogramme. Dans cette technique, on utilise des disques en papier filtre de 6 mm de diamètre qui sont imprégnés d'huile essentielle. Ces disques sont ensuite déposés à la surface d'un milieu gélosé préalablement ensemencé en utilisant une suspension bactérienne (Schmidt et al., 2010).

Après l'incubation, les résultats sont interprétés en mesurant le diamètre de l'inhibition en millimètres. Les extraits sont dilués dans des solvants tels que l'éthanol, le DMSO et le Tween. Le principe de cette méthode repose sur la migration de l'extrait par diffusion dans la gélose. Cette technique, inspirée de la méthode des antibiogrammes, a été étendue aux extraits. Une variation de cette technique consiste à créer des cavités dans la gélose solidifiée en boîte à l'aide d'un emporte-pièce. Ces cavités sont remplies d'une quantité spécifique d'extrait qui se diffuse dans la gélose. Après l'incubation, le diamètre de l'inhibition est mesuré, similaire à la méthode précédente (Rhayour., 2002).

#### ➤ Méthode de micro-atmosphère

Il s'agit d'une technique d'étude en phase vapeur. Le principe consiste à ensemencer une boîte de Pétri avec les micro-organismes à tester, tout en plaçant quelques gouttes d'extrait sur un papier filtre au centre du couvercle. La boîte est ensuite incubée avec le couvercle vers le bas. Les composés volatils s'évaporent, et après l'incubation, on observe la croissance des micro-organismes ou l'inhibition de leur croissance (Perez et Soderholm., 1991).

### 3.3 Activité cicatrisante

#### 3.3.1 La peau

La peau, qui représente le plus grand organe du corps humain avec une superficie d'environ 1,8 m<sup>2</sup>, équivaut à environ 7 kg chez une personne de 65 kg, constitue plus de 10% de la masse corporelle (Schaefer., 1996). Ses propriétés de barrière entre l'organisme et l'environnement lui confèrent des fonctions essentielles, assurant d'une part une protection contre les agressions extérieures telles que les produits chimiques, les bactéries, les allergènes, les champignons et les radiations, ainsi que les variations de température et d'humidité, et d'autre part, le maintien de l'homéostasie du corps grâce à des processus tels que la thermorégulation, la sécrétion de sébum et de sueur. De plus, la peau, composée de trois couches principales dont les cellules interagissent pour assurer ses diverses fonctions, joue également un rôle crucial en tant que siège du sens du toucher (Tran., 2009).

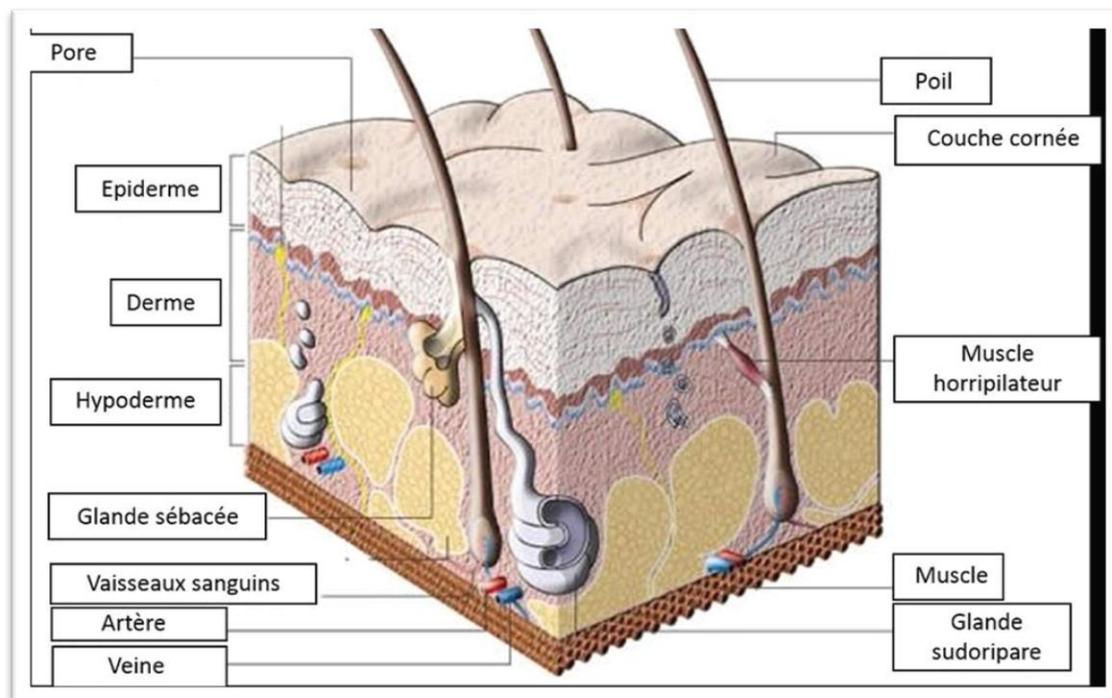


Figure 9. Schéma de la structure de la peau (Caroline., 2016).

### 3.3.2 Les plaies cutanées

Une plaie se définit comme une rupture de l'intégrité cutanée. À la différence d'une contusion où la peau demeure intacte, la gravité d'une plaie est conditionnée par son emplacement, sa profondeur et les structures affectées. Elle peut être associée à un saignement variable en fonction de sa profondeur. Étant donné que la peau est un organe richement innervé, la présence de douleur constitue l'un des indicateurs cliniques des plaies (ZOUABER et KELOUCHE., 2023).

### 3.3.3 Les caractéristiques générales des plaies

Pouvant être classifiées comme suit (ZOUABER et KELOUCHE., 2023) :

- Simples : impliquant une lésion uniquement au niveau de la peau ou des muqueuses.
- Composées : engendrant des lésions non seulement au niveau de la peau ou des muqueuses, mais également affectant les plans sous-jacents tels que les muscles, les nerfs, les tendons, les os, ou le tissu sous-cutané.
- Compliquées : caractérisées par une contamination significative, souvent associée à un œdème marqué, comme celles résultant d'une envenimation due à des morsures de serpent, par exemple.
- Pénétrantes : présentant un point d'entrée jusqu'à une cavité naturelle telle que le thorax, l'abdomen ou les articulations, éventuellement accompagnées de symptômes généraux.
- Perforantes : se manifestant par un point de sortie externe clairement visible.

### 3.3.4 La cicatrisation cutanée

La cicatrisation de la peau est un processus biologique naturel qui se produit après l'ouverture des parties molles du corps en raison d'agents mécaniques externes, de traumatismes, de brûlures, d'interventions chirurgicales, etc. La guérison de première intention fait référence à la cicatrisation spontanée de la plaie sans intervention humaine, tandis que la guérison de deuxième intention ou la guérison secondaire nécessite une intervention humaine. Le processus de guérison implique une série d'étapes coordonnées, notamment l'inflammation, la prolifération et le remodelage de la plaie. L'étendue de la formation des cicatrices dépend de la capacité de régénération des cellules de chaque organe. Les plaies cutanées sont généralement

## Chapitre III : Activités biologiques étudiées

---

complètement réépithélialisées en raison de la capacité régénératrice des kératinocytes (**Chang et al., 2023**).

### Les phases de la cicatrisation

Le processus de cicatrisation peut être divisé en trois phases principales :

- **La phase de coagulation**

Cette phase est essentielle pour arrêter le saignement initial et préparer le terrain pour les phases suivantes de la cicatrisation. La formation d'un caillot de fibrine est un élément clé de cette phase, qui aide à stabiliser la plaie et à prévenir les infections.

La coagulation est déclenchée par l'activation de l'agrégation plaquettaire et la libération de substances vasoconstrictrices. Ce processus conduit à la formation d'un caillot stable qui rétablit l'hémostase et forme une matrice extracellulaire dans le lit de la plaie. Le caillot sert de structure pour la migration cellulaire (**Lanzkowsky., 2011**). Les plaquettes jouent un rôle crucial dans l'hémostase en adhérant à la paroi du vaisseau endommagé, en s'activant et en s'agrégeant pour former un bouchon plaquettaire (**Kenny et al., 2009**). Le renforcement et la stabilisation du bouchon plaquettaire sont obtenus par la formation de brins de fibrine, qui lient les agrégats plaquettaires ensemble (**Weitz et Eikelboom., 2016**).

- **La phase de migration ou de ré épithélialisation**

Implique la migration des cellules épithéliales pour recouvrir la plaie. Pendant cette phase, les cellules épithéliales se multiplient et se déplacent le long des bords de la plaie pour former une nouvelle couche de peau.

La ré épithélialisation est essentielle pour fermer la plaie et restaurer l'intégrité de la peau. Cette phase peut commencer dès 12 à 24 heures après la blessure et se poursuit jusqu'à ce que la plaie soit complètement refermée (**Steven., 2022**).

- **La phase de réparation et de remodelage dermiques**

Est la dernière phase du processus de cicatrisation des plaies. Elle se produit plusieurs mois après la blessure initiale.

Pendant cette phase, le tissu de granulation se transforme en tissu cicatriciel mature. Les fibroblastes synthétisent et déposent de nouvelles fibres de collagène pour renforcer la plaie. Le remodelage du tissu cicatriciel se produit également pendant cette phase, où il devient plus plat, plus souple et plus similaire à la peau environnante. Cette phase est essentielle pour restaurer la fonctionnalité et l'apparence de la peau blessée (**Steven., 2022**).

### Les facteurs retardant le processus de cicatrisation

Peuvent être attribués à diverses causes :

### Chapitre III : Activités biologiques étudiées

---

- Physiopathologie : Inclut une hyperpression veineuse/lymphatique, des conditions telles qu'une insuffisance cardiaque, rénale, une ischémie, une hyperglycémie associée à une neuropathie, une dénutrition, un déficit en protéines, vitamines, minéraux, et oligo-éléments, ainsi que la formation d'une plaie sur une cicatrice préexistante et un déficit en facteurs de croissance tels que les cytokines, le PDGF, etc (**Meara et al., 1999**).
- Hygiène de vie : Facteurs comme le tabagisme, la malnutrition, la consommation d'alcool, et une hygiène défectueuse (**Meara et al., 1999**).
- Problèmes locaux : Comprennent un débridement insuffisant, une inflammation persistante, une infection, la sécheresse du bord et/ou du fond de la plaie, ainsi que des traumatismes répétés (**Meara et al, 1999**).



# *Partie Expérimentale*



*Matériel & Méthodes*

## Objectif de travail

Nous tenons à rappeler que notre travail s'inscrit dans le cadre de la caractérisation et de la valorisation des substances naturelles d'origine végétale qui jouent un rôle crucial dans les activités biologiques. En se basant sur une enquête ethnobotanique (qui nous a permis de recueillir des informations sur l'utilisation de *Hammada scoparia* dans les pratiques traditionnelles au sein de la population locale), notre étude a été menée en trois étapes distinctes mais complémentaires :

- La première consiste en une enquête ethnobotanique de l'espèce en question (Remth).
- La deuxième consiste en une étude phytochimique axée principalement sur l'extraction et la détermination qualitative et quantitative des composés actifs présents dans l'extrait aqueux et hydroalcoolique de la partie aérienne de *Hammada scoparia*.
- La troisième est dédiée à l'évaluation des activités pharmaco-biologiques, notamment l'activité antioxydante, antibactérienne, et l'activité cicatrisante.

## 1 Enquête ethnobotanique

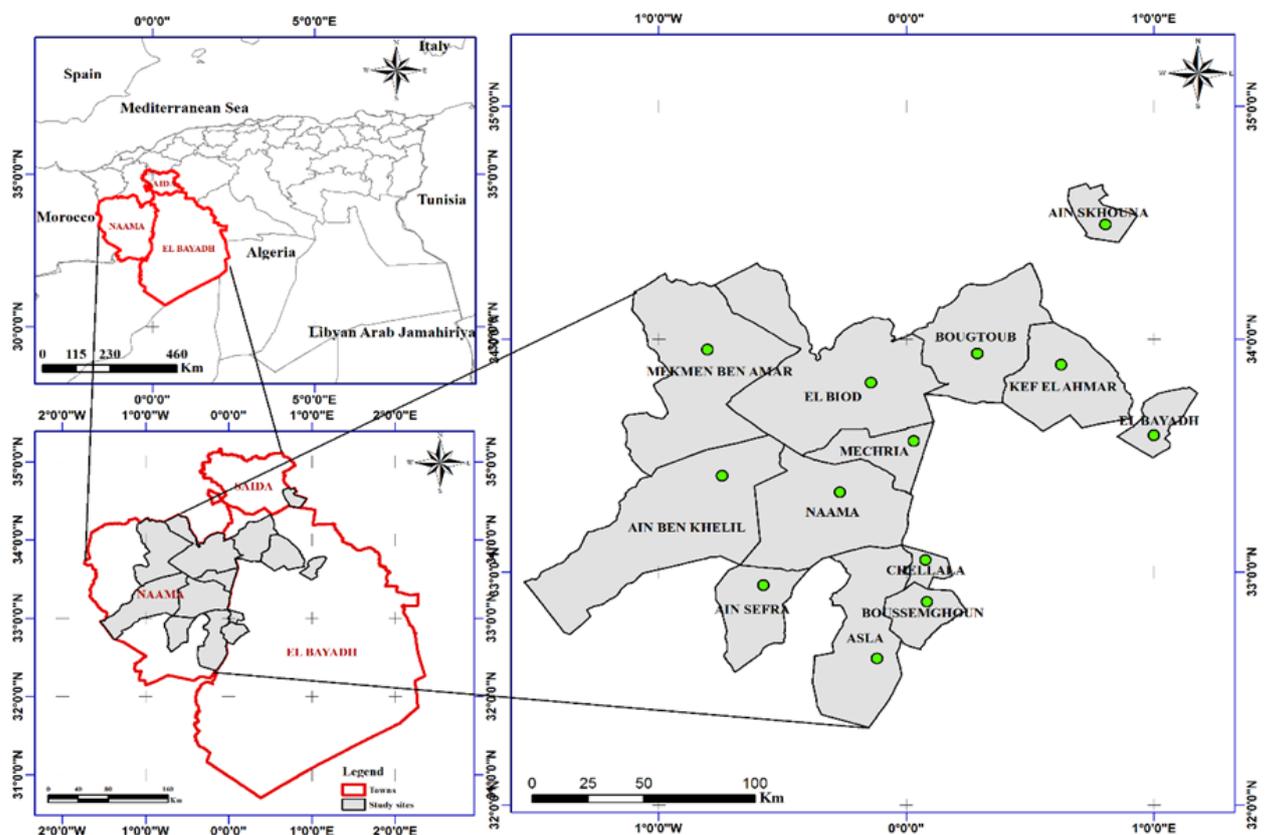
### 1.1 Présentation de la zone d'étude

Afin d'obtenir une vue d'ensemble des applications traditionnelles locales, l'étude ethnobotanique a été réalisée sur 12 sites (**Figure 10**) répartis dans trois communes :

- **Naâma** est située à l'ouest de l'Algérie ( $33^{\circ} 16' 0''$  N,  $0^{\circ} 19' 0''$  W) d'une superficie de 29 950 km<sup>2</sup>. Elle comptait 209 470 habitants lors du recensement de la population de 2008. 268721 habitants (D.P.S.B., 2018). Elle est voisine au nord avec les wilayas de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès, à l'est celle d'El-Bayadh et au sud avec celle de Béchar, à la frontière avec le Maroc (**Figure 10**).
- **El Bayadh** ( $33^{\circ} 41'$  N,  $01^{\circ} 01'$  E) avec une superficie de 78 870 km<sup>2</sup>. Elle comptait 262 187 habitants au recensement de la population de 2008. Elle est limitée au nord par la wilaya de Saïda, au sud par la wilaya de Timimoun, à l'ouest par la wilaya de Naâma et à l'est par la wilaya de Laghouat (**Figure 10**).
- **Ain Sekhouna** ( $34^{\circ} 30' 26''$  N,  $0^{\circ} 50' 46''$  E ; altitude :900 m), qui se situe au sud de Saïda en Algérie et s'étend sur environ 90 km, avec un important réseau hydrographique. Elle couvre une superficie de 404,40 km<sup>2</sup> (15% de la Sebkhha). La commune d'Ain Sekhouna est entourée au nord et à l'ouest par la commune d'El Maamoura, à l'est et au nord par la Wilaya de Tiaret, et au sud par la Wilaya d'El Bayadh.

Avec un indice d'aridité de 0,98, le climat de cette région est classé comme subsaharien. Il se caractérise par une longue période de sécheresse, qui peut durer de 1 à 11 mois (du mois de mars à la fin du mois de novembre). La température moyenne est de 17,9 °C. juillet est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de 29,9 degrés Celsius. Janvier est le mois le plus frais en moyenne, avec une température moyenne d'environ 7,5 °C. Les températures varient de 22,4 degrés Celsius tout au long de l'année. Les précipitations annuelles sont en moyenne de 138 mm dans cette région.

Le mois de juillet est le plus sec, avec seulement 2 mm de pluie. Le mois d'octobre est le plus arrosé, avec une moyenne de 20 mm de pluie.



**Figure 10.** Présentation de la de la zone d'étude (sud-ouest de l'Algérie).

## 1.2 Matériel végétal utilisée

Les échantillons de *Hammada scoparia* (**Figure 11**) utilisés dans diverses phases de cette étude ont été récoltés en mai 2022 dans la ville de Chellala (la wilaya d'El-Bayadh, sud-ouest de l'Algérie) située à 80 km de la ville de Aïn Sefra (N 33° 01' 59", E 0° 03' 20"). L'identification botanique a été réalisée par le botaniste du département de Biologie de l'Université de Saida " Professeur Hasnaoui O ".

La partie aérienne de la plante a été préalablement lavée, puis séchée à l'ombre dans un endroit sec et bien ventilé pendant un mois, avant d'être réduite en poudre fine.



**Figure 11.** La partie aérienne de *Hammada scoparia* (Gheffari, 2022).

### 1.3 Méthodes d'études

L'enquête ethnobotanique menée auprès d'une population qui a des connaissances sur les plantes médicinales a pour objectif d'identifier les différentes utilisations médicinales

traditionnelles de l'espèce étudiée. Elle repose sur les savoirs populaires et ethniques concernant cette plante, en mettant en lumière les diverses parties de la plante utilisées à des fins médicinales. De plus, cette enquête vise à révéler le potentiel curatif de *Hammada scoparia*, tout en rassemblant des informations précieuses sur cette espèce, prêtes à être exploitées sur le plan scientifique.

Cette étude revêt une importance cruciale, car elle permet d'orienter les recherches en phytochimie. De plus, elle joue un rôle de médiation entre les domaines de la médecine conventionnelle et traditionnelle, favorisant ainsi une meilleure compréhension et collaboration entre ces deux approches médicales.

De septembre 2020 à avril 2021, l'enquête a été menée à travers 12 communes de la Wilaya de Naama, El-Bayadh et de Saida et a porté sur l'utilisation, le mode d'emploi et les maladies traitées par la plante, sujet de notre étude.

- **La population enquêtée**

Afin d'obtenir une représentation plus complète de la région et une base d'informations plus robuste, nous avons procédé à un échantillonnage aléatoire. Nous avons ainsi rempli des fiches techniques d'enquête ethnobotanique avec 194 participants avec des questions semi structurées. Les personnes interrogées, aux niveaux intellectuels variés, appartiennent à une tranche d'âge comprise entre 20 et plus de 60 ans.

Dans le but d'assurer la neutralité des données recueillies dans notre étude, nous avons utilisé un questionnaire préétabli pour mener l'enquête. Ce questionnaire est structuré en trois principaux volets :

- 1) Il recueille des informations sur le profil des informateurs, notamment leur âge, leur sexe, leur niveau d'études, et leur situation familiale.
- 2) Il collecte des données concernant la nature de la plante médicinale utilisée, ainsi que les techniques pharmaceutiques de préparation de la substance végétale (partie de la plante utilisée, méthode de préparation, doses).
- 3) Il rassemble des informations sur les types de maladies traitées par la plante étudiée.

#### 1.4 Analyse des données et utilisation des indices en ethnobotanique quantitative

- **Valeur d'usage (UV)**

La valeur d'usage ethnobotanique permet de déterminer de façon significative la catégorie d'usage ayant une grande valeur d'utilisation. Le calcul de la valeur d'usage ethnobotanique de l'espèce a été effectué à l'aide de la formule de **Lykke et al. (2004)** :

$$V_u(i) = \sum_i^n s_i / n$$

Avec  $V_u(i)$  est la valeur d'usage de l'espèce pour une catégorie donnée (Sexe et Age) ;

- $s_i$  est le score d'utilisation attribué par le répondant  $i$
- $n$  est le nombre de répondants pour une catégorie d'usage donnée.

L'importance relative de chaque espèce végétale connue localement pour être employée comme plante médicinale est indiquée comme valeur d'usage (UV).

L'UV est calculée à l'aide de la formule :

$$UV = \sum U_i / N$$

Où :  $U$  représente le nombre de rapports d'utilisation notés par chaque informateur pour une espèce végétale donnée.

$N$  le nombre total d'informateurs interrogés pour cette plante.

Les UV sont élevés lorsqu'il y a beaucoup de rapports d'utilisation pour une plante, et les UV sont faibles lorsqu'il y a peu de rapports relatifs à son utilisation (**Phillips et Gentry., 1993**).

- **Fréquence relative de citation (FRC)**

L'importance relative de chaque utilisation reconnue localement par type les enquêtés est exprimée par la FCR. Elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$FCR = S/N * 100$$

Où :

$S$  : nombre de personnes ayant fourni une réponse par rapport à une utilisation donnée ;

Et  $N$  : nombre total d'informateurs interrogés dans le cadre de l'enquête sans tenir compte des catégories d'utilisation.

Le FCR est exprimée en pourcentage. Elle est comprise entre 0 et 100%. Lorsqu'elle est inférieure à 0,25 c'est-à-dire que peu de personnes connaissent cette utilisation.

La connaissance est moyenne lorsqu'elle égale à 0,5 ; l'utilisation est connue par un grand nombre de personnes lorsqu'elle est supérieure à 0,5, (**Tardío et Pardo-de-Santayana., 2008**).

- **Niveau de fidélité (FL)**

Les taux de réponses par utilisation spécifique définis comme le niveau de fidélité (FL) utilisé par **Gouwakinnou et al. (2011)** ont été exprimés comme suit :

L'indice FL est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$FL (\%) = (Np/N) \times 100$$

Avec  $Np$  est le nombre de personnes ayant fourni une réponse par rapport à une utilisation donnée

Et  $N$  le nombre total de personnes interviewées.

Les raisons de conservation et les connaissances locales sur les usages de l'espèce ont été appréciées via le niveau de fidélité

La valeur FL la plus élevée signifie que l'espèce végétale est fréquemment et largement utilisée par les informateurs de la zone d'étude pour traiter une certaine maladie (**Tardío et Pardo-de-Santayana., 2008**).

### **Analyses statistiques**

Le test d'indépendance de Chi-deux a été effectué à l'aide du logiciel SPSS (version 26) pour vérifier s'il y a lieu d'une relation d'indépendance ou non entre les fréquences relatives de citation (FRC) des différents types de maladies traitées par la plante en question et les caractéristiques socio-démographiques des enquêtés à savoir l'âge, le sexe, la profession, la situation familiale et le niveau d'étude.

## **2 Préparation des extraits**

### **2.1 Extraction aqueuse**

La méthode d'extraction utilisée implique une décoction à 10% selon (**Kumar et al., 2010**). Dans cette méthode, 100 grammes de la partie aérienne du matériel végétale ont été broyés en fine poudre à l'aide d'un broyeur électrique, puis mélangés avec un litre d'eau distillée. Le mélange a été agité mécaniquement et porté à ébullition pendant une durée de 30 minutes, tout en étant recouvert de papier aluminium. Une fois refroidi, le filtrat a été récupéré en utilisant un filtre en microfibres de verre de Wattman, conformément à la méthode décrite par (Senhaji et al., 2005). Enfin, la dernière étape de la préparation de l'extrait sec a impliqué la lyophilisation du filtrat, ce qui permet de garantir une conservation optimale de la matière végétale.

- **Principe de lyophilisation**

Le processus de lyophilisation comporte trois étapes principales : la congélation, le séchage primaire (sublimation) et le séchage secondaire (désorption). Pendant la congélation, le produit est refroidi à une température inférieure à son point de congélation, ce qui provoque la

solidification de l'eau. Au cours de la phase de séchage primaire, le produit congelé est soumis à un séchage sous vide et ce dernier est convertie directement de l'état solide à la vapeur par sublimation où l'air et la vapeur d'eau sont éliminés de la chambre de transformation à l'aide d'une pompe à vide, sans passer par une phase liquide. Enfin, lors de la phase de séchage secondaire, toute humidité restante est éliminée par désorption. La lyophilisation est couramment utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour la conservation et la stabilisation des médicaments, ainsi que dans l'industrie alimentaire pour l'extraction de l'eau des aliments (Katrilaka et al., 2023).

## 2.2 Préparation de l'extrait hydro éthanolique et hydro éthanolique

L'extrait hydroalcoolique est préparé en macérant 100 g de poudre de partie aérienne dans 1000 ml d'un mélange d'éthanol (ou méthanol) et d'eau distillée (70 % : 30 %, v/v) pendant une période de vingt-quatre heures avec agitation. Ces conditions d'extraction optimales en termes de choix du solvant, de concentration et de durée de macération ont été sélectionnées pour la préparation de l'extrait végétal utilisé dans cette étude.

Afin de prévenir l'exposition à la lumière et l'évaporation du solvant, le mélange est conservé dans un flacon scellé avec du para film et enveloppé dans du papier aluminium. Il est stocké à l'abri de la lumière à la température ambiante du laboratoire pendant toute la procédure (Amouzoun et al., 2008). Une fois l'extraction terminée, l'extrait est filtré à l'aide de papier Wattman n°1.

La solution obtenue est ensuite évaporée sous pression réduite à une température de 40 °C à l'aide d'un évaporateur rotatif.

L'extrait ainsi obtenu est conservé au réfrigérateur à 4 °C et protégé de la lumière jusqu'à son utilisation ultérieure (Kanoun, 2014).

- **Calcul de rendement :**

Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (M/M_0) \times 100$$

**R%** : le pourcentage de rendement obtenu.

**M** : Masse de l'extrait obtenu.

**M<sub>0</sub>** : Masse végétale utilisé.

## 3 Screening phytochimique

Une méthode de criblage conventionnelle a été employée afin d'identifier les principales catégories de composés chimiques présentes dans la partie aérienne de *Hammada scoparia*. Cette méthode repose sur l'utilisation de réactifs appropriés pour induire des réactions de

coloration ou de précipitation, et elle a permis d'indiquer la présence de certaines classes de phyto-constituants. Les résultats ont été classés en fonction de leur réaction observée, avec les niveaux suivants :

- Réaction positive : +
- Réaction négative : -

### 3.1 Flavonoïdes

1ml de chaque extrait a été traité par quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré et quelques tournures de magnésium, l'apparition d'une coloration rouge, orange ou jaune indique la présence des flavonoïdes (**Malec et Pomilio, 2003**).

#### Révélation de la réaction à la cyanidine

Après avoir combiné 5 ml de l'infusé avec 5 ml d'alcool chlorhydrique (constitué d'éthanol à 95%, d'eau distillée et de HCl concentré dans des proportions égales), quelques copeaux de magnésium et 1 ml d'alcool iso-amylque ont été introduits dans un tube à essai. L'apparition d'une coloration rose orangée (flavones), rose violacée (flavonones) ou rouge (flavonols) dans la couche supérieure d'alcool iso-amylque indique la présence d'un flavonoïde libre (génines).

### 3.2 Tanins

Les tannoïdes, également appelés tanins hydrolysables, et les tanins vrais, connus sous le nom de tanins non hydrolysables ou condensés, sont des structures polymériques de composés poly phénoliques (**Bekro et al., 2007**). Leur identification est réalisée au moyen du test au chlorure ferrique. L'addition de 5 ml de FeCl<sub>3</sub> à 1% aux divers extraits permet de déterminer la présence ou l'absence de tanins. En présence de tanins galliques, la solution devient bleu-noir, tandis qu'en présence de tanins catéchiques, elle prend une teinte brun verdâtre (**Evans, 1989**).

### 3.3 Alcaloïdes

Les tests sont effectués par des réactions de précipitation utilisant le réactif de Dragendorff. Une quantité de 0,2 ml de chaque extrait méthanolique est placée dans un tube à essai, puis 5 ml de HCL à 1 % sont ajoutés. Après avoir chauffé ce mélange au bain-marie et laissé refroidir, 5 gouttes du réactif de Dragendorff sont ajoutées. Un résultat positif est indiqué par l'apparition d'un précipité blanc ou brun (**Bekhaled, 2021**).

### 3.4 Terpenoïdes

Ces composés sont déterminé en ajoutant 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré à un échantillon de 0,5 g d'extrait, nous observons la formation d'une teinte brun rougeâtre à la surface, ce qui est un indicateur de la présence de terpénoïdes (**Ayoola et al., 2008**).

### 3.5 Saponosides

- **Test de formation de mousse :**

Un millilitre d'infusion est vigoureusement agité pendant deux minutes dans un tube à essai. La présence de mousse est un indicateur de la présence de saponosides dans la substance végétale étudiée (Wu De-Jung et al, 2004).

- **Test d'émulsion :**

Dans un tube à essai, cinq gouttes d'huile d'olive sont ajoutées à un millilitre d'infusion, puis la mixture est vigoureusement agitée. La formation d'une émulsion stable est un signe révélateur de la présence de saponosides.

### 3.6 Quinones

- **Préparation de l'extrait :** Pour obtenir l'extrait, on mélange 1 gramme de poudre avec 10 ml de chloroforme concentré (99%), puis on chauffe le mélange pendant 3 minutes à l'aide d'un bain-marie. Ensuite, on filtre à chaud et, si nécessaire, on complète le volume à 10 ml en utilisant le même solvant.

- **Test de Borntager :** On prend 1 ml de l'extrait chloroformique préparé, auquel on ajoute 1 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (ammoniaque) à 10 %, puis on agite vigoureusement. La présence d'une coloration rouge plus ou moins intense indique la possible présence d'anthraquinones libres (Mouellet, 2005).

## 4 Analyse phytochimique

### 4.1 Dosage des phénols totaux (PT)

- **Méthode adoptée**

La méthode de dosage des phénols totaux à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu a été élaborée par (Singleton and Rossi, 1965). Le réactif de Folin-Ciocalteu, qui présente une teinte jaune, est une combinaison de deux acides : l'acide phosphotungstique ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et l'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ). Lorsque des phénols totaux ayant une capacité réductrice sont présents dans l'échantillon, ces deux acides subissent une réduction pour se transformer en deux substances chromogènes qui confèrent au mélange une couleur bleue. Les oxydes de tungstène et de molybdène issus respectivement de l'acide phosphotungstique et de l'acide phosphomolybdique engendrent une teinte bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de phénols totaux présente dans l'échantillon. La mesure de l'absorbance est effectuée dans le spectre compris entre 725 et 765nm (Macheix, et al, 2005).

- **Mode opératoire**

Chaque échantillon de 200 µl a été mélangé avec 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 2 ml d'eau, puis incubé à température ambiante pendant 4 minutes. Après l'ajout de 0,8 ml de bicarbonate de sodium à 7,5 % au mélange, les phénols totaux ont été déterminés après une incubation supplémentaire de 30 minutes dans l'obscurité à température ambiante. Pour mesurer l'absorbance, un spectrophotomètre Jenway 6504 UV/VIS a été utilisé à une longueur d'onde de 765 nm en comparaison avec un blanc, contenant une composition identique à l'exception des échantillons, pour lesquels les 200 µl ont été remplacés par du méthanol. L'acide gallique a été employé pour établir la courbe d'étalonnage (**voir annexe B**).

- **Expression des résultats**

La concentration des phénols totaux est déterminée en utilisant l'équation de régression basée sur la courbe d'étalonnage, établie à l'aide de l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en milligrammes (mg) équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg GAE/g).

#### 4.2 Dosage des flavonoïdes (FLV)

La quantification des flavonoïdes a été réalisée en utilisant une méthode adaptée de (**Zhishen et al., 1999**) impliquant l'utilisation de trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) et de soude ( $NaOH$ ). Lors de cette procédure, l' $AlCl_3$  et le  $NaOH$  réagissent avec les groupements hydroxyles présents dans les flavonoïdes, ce qui entraîne la formation d'une coloration jaune ( $AlCl_3$ ) et rose ( $NaOH$ ). À la fin de l'expérience, la solution prend une teinte rosâtre et absorbe la lumière visible à une longueur d'onde de 510 nm.

- **Mode opératoire**

Ajouter 500 µl d'extrait à 1500 µl d'eau distillée. Ensuite, incorporez 150 µl de nitrite de sodium ( $NaNO_2$ ) à 5 %, suivi d'une incubation de 5 minutes à température ambiante à l'abri de la lumière. La prochaine étape consiste à ajouter 150 µl de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) à 10 % au mélange et à le réincuber dans les mêmes conditions pendant 6 minutes. Enfin, ajoutez 500 µl de soude ( $NaOH$ ) à 4 % au mélange, puis procédez à la lecture immédiatement. Par ailleurs, la courbe d'étalonnage est construite à l'aide de la catéchine, qui est utilisée comme étalon à différentes concentrations (**voir annexe B**).

- **Expression des résultats**

La quantité totale de flavonoïdes dans les extraits de la plante analysée est exprimée en milligrammes (mg) d'équivalent de catéchine par gramme de matière végétale sèche (mg EC/g) (**voir annexe B**).

### 4.3 Dosage des tanins condensés (TC)

La quantification des tanins condensés a été réalisée en utilisant la méthode de la vanilline. En effet, la vanilline réagit avec les flavan-3-ols libres ainsi qu'avec les unités terminales des proanthocyanidines, produisant une coloration rouge dont l'intensité est directement proportionnelle à la quantité de flavanols présents dans l'échantillon. Cette réaction atteint son pic d'absorption à une longueur d'onde de 500 nm (**Ghedadba et al., 2015**).

- **Mode opératoire**

On ajoute 50 µl de l'extrait brut à 1500 µl de la solution vanilline/méthanol (4 %, m/v) et agitez le mélange à l'aide d'un vortex. Ensuite, on additionne 750 µl d'acide chlorhydrique concentré (HCl). Laissez le mélange réagir à température ambiante pendant 20 minutes. Enfin, mesurez l'absorbance à une longueur d'onde de 550 nm en utilisant un blanc comme référence. Parallèlement, une courbe d'étalonnage est établie dans les mêmes conditions expérimentales en utilisant de la catéchine comme témoin positif (**voir annexe B**).

- **Expression des résultats**

Les résultats sont rapportés en milligrammes (mg) équivalents de catéchine par gramme d'extrait (mg EC/g EM).

## 5 Détermination des différentes activités biologiques

### 5.1 Évaluation, *in vitro*, de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits végétaux reflète leur capacité à neutraliser les radicaux libres dans l'organisme. Deux méthodes ont été employées pour évaluer cette activité antiradicalaire des extraits : DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) et FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power).

#### 5.1.1 Test du piégeage des radicaux DPPH

Le 1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) est un radical libre considéré comme stable en raison de la délocalisation de l'électron disponible, ce qui lui confère une couleur violette profonde caractérisée par une absorption spectrale. Il a la propriété de réagir avec divers groupes fonctionnels, tels que les amines, les phénols, les acides, les composés hydroaromatiques, etc. Cette caractéristique est couramment recommandée et utilisée en analyse chimique. Lorsqu'une substance est mélangée à une solution de DPPH et est capable de céder un atome d'hydrogène ou un électron, elle provoque la réduction du DPPH en 1,1-diphényl-2-(2,4,6-trinitrophényl) hydrazine (DPPH<sub>2</sub>), ce qui se traduit par une perte de la couleur violette

et l'apparition d'une légère coloration jaune résiduelle due à la présence du groupe picryl (Molyneux., 2004).

Pour évaluer le pouvoir antioxydant des extraits, le test DPPH a été réalisé en suivant la méthode décrite par (Zakaria et al., 2008). Dans cette méthode, 50 µl de chaque extrait méthanolique à diverses concentrations ont été mélangés avec 5 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,004 %). Après une période d'incubation de 30 minutes à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 517 nm. De plus, l'inhibition du radical libre DPPH par l'acide ascorbique a été évaluée.

La capacité antioxydante des extraits est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH selon la formule suivante :

$$\% \text{Inhibition} = [(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc}] \times 100$$

Où :

A blanc : Absorbance du blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées).

A échantillon : Absorbance de la solution en présence de molécules testées.

### 5.1.2 Test de la réduction de fer FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)

Le test FRAP, repose sur la réduction du complexe tripyridyltriazine ferrique ((Fe(III)-TPTZ)<sub>2</sub>) en un complexe tripyridyltriazine ferreux ((Fe(II)-TPTZ)<sub>2</sub>) par un antioxydant. Le pouvoir réducteur est directement lié à l'hydroxylation et à la présence de liaisons conjuguées dans les antioxydants. Cette réaction nécessite un pH de 3,6 pour maintenir la solubilité du fer et est entièrement basée sur le transfert d'électrons (Prior et al., 2005).

L'apparition d'une couleur bleu intense (spécifique au complexe tripyridyltriazine ferreux (Fe(II)-TPTZ)<sub>2</sub>) lors du contact avec les extraits indique la présence de composés antioxydants. Le changement de couleur est mesuré à une longueur d'onde de 593 nm et est directement proportionnel au pouvoir réducteur des antioxydants (Karadag et al., 2009).

Le réactif FRAP a été préparé chaque jour en utilisant une solution tampon acétate 300 mM (pH 3,6), du chlorure ferrique hexahydraté (FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) 20 mM et du TPTZ 10 mM dans HCl 40 mM. Ces solutions ont été mélangées dans un rapport de 10/1/1 (v/v/v), puis chauffées à 37 °C. Ensuite, 0,3 ml d'extrait à différentes concentrations (0,2, 0,4, 0,6 et 0,8 mg/ml) ont été mélangés avec 300 µl d'eau ultra pure et ensuite avec 9 ml de réactif FRAP. Après une incubation de 30 minutes, l'absorbance a été immédiatement mesurée à 593 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Un contrôle positif a été effectué en utilisant une solution d'un antioxydant

standard, le Trolox (à des concentrations de 0 à 300  $\mu\text{mol/l}$ ), dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.

Une augmentation de l'absorbance est corrélée à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Singleton and Rossi., 1965).

## 5.2 Évaluation de l'activité antibactérienne in vitro des différents extraits de la partie aérienne de *Hammada scoparia*

Cinq bactéries ont été utilisées pour évaluer l'activité antimicrobienne (Tableau 4). Ils sont choisis en raison de leur pathogénicité et de leur contamination fréquente des aliments. Les souches bactériennes utilisées dans cette étude ont été fournies par le laboratoire de microbiologie de l'Institut Pasteur d'Alger. Il s'agit de souches provenant de la Collection de Type Culture Américaine (ATCC). Pendant 24 heures à l'obscurité et à une température de 37°, elles sont entretenues par repiquage sur une gélose nutritive favorable à leur croissance.

**Tableau 4.** Les souches bactériennes testées.

Nom de la souche	Référence	Gram
<i>Staphylococcus aureus</i>	25929	Positif
<i>Bacillus subtilis</i>	6633	Positif
<i>Escherichia coli</i>	25922	Négatif
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	27854	Négatif
<i>Klebsiella pneumonia</i>	70603	Négatif

### 5.2.1 Examen microscopique (coloration de Gram, forme des germes)

### 5.2.2 Conservation des souches bactériennes

Les souches bactériennes ont été conservées dans des tubes stériles avec 10 ml de milieu de culture incliné (gélose nutritive) et dans un réfrigérateur de 4 à 5 °C.

Nous avons utilisé les milieux de culture suivants en fonction des tests et des souches utilisés dans notre étude :

- La gélose nutritive est utilisée pour isoler et maintenir les souches bactériennes.
- La gélose Mueller Hinton a été employée pour réaliser des aromatoigrammes.

### 5.2.3 Étapes à suivre pour l'évaluation de cette activité

- Préparation des précultures

L'analyse de l'activité antibactérienne doit être effectuée sur des souches bactériennes jeunes en phase de croissance exponentielle. Les cultures sont réactivées en les repiquant sur une gélose nutritive pré-coulée dans des boîtes de Petri, puis en les incubant pendant 18 à 24 heures à 37 ° C. Trois à cinq colonies similaires et bien isolées sont déchargées dans de l'eau physiologique stérile pour préparer l'inoculum. Ensuite, la turbidité de cette suspension est ajustée à celle de la suspension bactérienne à l'aide d'un vortex. Son opacité doit être équivalente à 0,5 McFarlane, soit une densité optique de 0,08 à 0,10, lue à une longueur d'onde de 620 nm, ce qui correspond à 10<sup>5</sup> UFC/ml (**Gachkar et al., 2007**). Il est important de noter que la suspension ajustée devra contenir 10<sup>5</sup> UFC/ml.

Cet inoculum est utilisé pour ensemercer des géloses de Mueller Hinton coulées dans des boîtes de Pétri sur une épaisseur de 4 mm (ce qui équivaut à 20 ml pour des boîtes de 90 mm de diamètre), qui sont ensuite séchées à l'étuve à 37°C avant d'être utilisées.

- **L'ensemencement**

L'ensemencement est réalisé en utilisant un écouvillon stérile à partir de l'inoculum fraîchement préparé. Il s'agit de tremper un écouvillon de coton stérile dans la suspension, puis à le frotter, après l'avoir essoré à l'intérieur du tube, sur la totalité de la surface de la gélose, en effectuant trois passages successifs pour former des stries rapprochées. Après chaque application, la boîte doit être tournée à environ 60°C afin d'assurer une distribution uniforme de l'inoculum. Pour chaque souche testée, trois boîtes de Pétri (trois répétitions) sont ensemençées avec le même écouvillon, à condition que l'écouvillon soit rechargé pour chaque boîte.

- **Méthode de diffusion en milieu gélosé**

Le test de sensibilité des bactéries est réalisé par la méthode de diffusion en milieu gélosé, également appelée aromatogramme. Cette approche s'inspire de l'antibiogramme et a pour objectif d'évaluer la sensibilité des souches bactériennes en mesurant la diffusion de l'extrait sur un milieu solide, en créant un gradient de concentration entre le composé testé et le micro-organisme ciblé. Pour effectuer cette méthode, des puits d'environ 6 mm de diamètre ont été créés dans la gélose à l'aide d'un emporte-pièce stérile (**Janakat et al., 2005**). Chaque puits est ensuite chargé avec 50 µl de la substance à tester aux concentrations de 100 %, 75 %, 50 % et 25 %. Après 30 minutes de diffusion à la température ambiante, les boîtes de Pétri ont été incubées pendant 18 à 24 heures à 37 degrés Celsius. La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre en millimètre de la zone d'inhibition autour des puits à l'aide d'un pied à coulisse métallique, à l'extérieur des boîtes fermées.

La présence ou l'absence de cette zone permet d'interpréter la sensibilité ou la résistance des bactéries face aux extraits testés, selon une échelle symbolique notée de - à +++. La lecture, selon (Ponce et al., 2003), se fait de la manière suivante :

(-) : Non sensible ou résistant ( $\emptyset < 08$  mm).

(+) : Sensible ( $09 > \emptyset > 14$  mm).

(++) : Très sensible ( $15 > \emptyset > 19$  mm).

(+++): Extrêmement sensible ( $\emptyset > 20$  mm).

- **Antibiogramme**

Le même test a été effectué en utilisant la méthode de diffusion sur gélose et dans des conditions identiques pour examiner la sensibilité des germes et pour la comparer à l'effet des différents extraits à diverses concentrations. Pour cela, des disques de papier buvard de 6 mm de diamètre, préalablement imbibés d'antibiotiques commercialement disponibles à des doses connues (voir **Tableau 5**), sont appliqués à des emplacements précis à la surface de la gélose à l'aide d'une pince métallique. Ensuite, les boîtes de Pétri sont incubées dans une étuve à 37 °C pendant 24 heures.

**Tableau 5.** Liste des antibiotiques commercialisés utilisés.

Abréviations	Nom d'antibiotique	Charge ( $\mu\text{g}$ )
<b>CZ</b>	<b>Céfazoline</b>	<b>30</b>
<b>CT</b>	<b>Colistine</b>	<b>10</b>
<b>TE</b>	<b>Tétracycline</b>	<b>30</b>
<b>AMX</b>	<b>Amoxicilline</b>	<b>25</b>
<b>C</b>	<b>Chloramphénicol</b>	<b>10</b>
<b>CN</b>	<b>Céfalexine</b>	<b>30</b>
<b>E</b>	<b>Érythromycine</b>	<b>15</b>

#### 5.2.4 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) / la méthode des micro-dilutions

Les CMI ont été déterminés pour divers extraits en utilisant la méthode des micro-dilutions telle que décrite par **Daoud et al., 2015**. Les solutions mères de chaque extrait ont été préparées en dissolvant les extraits dans du DMSO à une concentration de 100 mg/ml. Nous avons déposé 25 ml de bouillon (Mueller Hinton) dans les 12 puits pour chaque ligne de la microplaque, puis 25  $\mu\text{l}$  de l'extrait à tester dans les puits numéros 1 et 2.

Après avoir soigneusement mélangé le contenu du deuxième puits, nous avons prélevé 25 µl de ce mélange et les avons transférés dans le troisième puits. Ce processus de transfert a été répété du troisième au quatrième puits, et ainsi de suite, jusqu'au dixième puits, créant ainsi des dilutions successives en réduisant de moitié à chaque étape. Les 25 µl restants dans le dixième puits ont été éliminés. Les puits numéros 11 et 12 ont été utilisés comme témoins, où le puits 11 contenait du bouillon et de l'inoculum (Témoin (+)), tandis que le puits 12 contenait du bouillon, de l'inoculum et du DMSO (Témoin (-)).

Les CMI pour les trois extraits testés sur les souches étudiées ont été définies comme les concentrations les plus faibles qui empêchent toute croissance bactérienne visible à l'œil nu.

### 5.2.5 Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

La CMB est définie comme la concentration antibactérienne la plus faible qui détruit 99,9% de la concentration cellulaire finale. Après avoir déterminé la CMI (au cours d'une incubation de 24 heures à 37°C), les deux puits contenant des concentrations d'extraits strictement supérieures à la CMI, ainsi que le puits de la CMI, sont utilisés pour déterminer la CMB. Pour ce faire, un échantillon de 10 µl de chaque puits (où il n'y a pas eu de croissance bactérienne) est transféré dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de gélose nutritive. Pendant 24 heures, Ces boîtes sont ensuite incubées dans une étuve à 37°C. Cette méthode nous permet de déterminer si les cellules sont cultivables et viables. La boîte correspondant à la valeur de la CMB doit présenter un nombre de colonies inférieur à 3 pour être considérée comme bactéricide (**Prescott et al., 1995**).

### 5.3 Étude de l'activité cicatrisante

La détermination de cette activité a été réalisée sur l'extrait aqueux. Cette expérimentation a été faite au niveau de l'animalerie de la Wilaya de Sidi Bel Abbès sur des rats Wistar afin d'évaluer l'effet cicatrisant de l'extrait aqueux de Remth en le comparant avec une pommade à base d'huile de sésame, la cire d'abeille et l'extrait d'aloé vera : "Mebo". Largement utilisée pour traiter les plaies.

#### 5.3.1 Préparation de la pommade

La vaseline a servi d'excipient principal car elle est stable et compatible avec la majorité des principes actifs ; le matériel lyophilisé a ensuite été reconstitué avec de l'eau distillée avant d'être incorporé. Deux pommades à 3% et 10% dans la vaseline ont été produites à partir de la poudre d'extrait aqueux sec (lyophilisat) de la partie aérienne d'*Hammada scoparia*. Comme

conservateur de référence, le benzoate de sodium a été utilisé à raison de 1,5 g pour 1000 g de pommade. Le lyophilisat et le benzoate de sodium ont été triturés dans un mortier à l'aide d'un pilon. Le mélange a ensuite été reconstitué avec de l'eau distillée avant d'être incorporé à la vaseline en remuant doucement jusqu'à homogénéisation. Les pommades ont été stockées dans des pots hermétiquement fermés et maintenues à température ambiante, à l'abri de la lumière (Ernest et al, 2019).

### 5.3.2 Déroulement de l'expérimentation

Vingt-cinq (25) rats Wistar adultes pesant  $200 \pm 10$ g, obtenus auprès de l'Institut Pasteur d'Algérie. Tous les rats ont été maintenus dans des conditions standard avec une température de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  et un cycle lumière-obscurité de 12 heures, et ils ont eu libre accès à l'eau et à la nourriture. Les animaux ont été marqués au niveau de leurs queues, afin de les identifier, puis ils ont été placés dans des cages individuelles.

25 femelles ont été séparées en (5) groupes avec  $n=5$  après l'excision de la peau :

Groupe I : les rats ont été traités avec une solution saline physiologique.

Groupe II : les rats ont été traités avec un médicament standard, la crème "Mebo".

Groupe III : les rats ont reçu un traitement avec 3% d'extrait aqueux de la plante *Hammada scoparia*.

Groupe IV : les rats ont reçu un traitement à base de 10 % d'extrait aqueux d'*Hammada scoparia*.

Groupe V : les rats ont été traités avec de la vaseline pure.



**Figure 12 :** L'anesthésie des rats (Gheffari, 2023).



**Figure 13 :** Épilation de la zone à exciser. **Figure 14 :** Excision (plaie circulaire de 1 cm).

### 5.3.3 Mesure de la surface de la plaie

Toutes les plaies ont été photographiées numériquement pendant la période de cicatrisation et la surface de la plaie a été tracée manuellement. Pour la conception, Autodesk Auto CAD a été

utilisé pour mesurer la surface des plaies. L'équation suivante a été utilisée pour déterminer le taux de contraction de la plaie :

$$\text{Contraction de la plaie (\%)} = \{(A0 - A_j) / A0\} \times 100$$

**Où :**

A0 : représente à la taille initiale de la surface.

A<sub>j</sub> : la taille de la surface au jour spécifique (**Pessolato, 2011**)

### 5.3.4 Prélèvement des échantillons

Après le sacrifice des rats, des échantillons de tissus cutanés ont été prélevés à partir du site de la plaie de tous les groupes de rats. Ces échantillons sont rincés avec de l'eau physiologique ensuite ont été immédiatement fixés dans du formaldéhyde dilué à 10% pour l'étude histologique.

### 5.3.5 Examen histologique

Les échantillons de tissu sont immédiatement fixés dans du formaldéhyde tamponné (10 %). Une étude macroscopique des lésions cutanées est réalisée avant de procéder à la découpe, suivant les recommandations de **Foley (2001)**. Les dimensions sont mesurées à l'aide d'un pied à coulisse.

Ensuite, les échantillons sont déshydratés avec une série d'éthanol, nettoyés au xylène, inclus dans de la paraffine, puis découpés à l'aide d'un microtome à 3 µm.

Les sections de tissu sont montées sur des lames gélatinisées et colorées avec de l'hématoxyline-éosine (H&E).

Enfin, elles sont examinées au microscope optique (Optika B-350), et des photos microscopiques sont prises à l'aide d'une caméra numérique (Optikam B5) conformément aux recommandations de (**Aeffner et al, 2018**).

### Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été exprimés en tant que moyenne ± l'écart-type. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel statistique SPSS Statistics, version 26. Pour cela, nous avons utilisé l'analyse de la variance à sens unique (ANOVA).

Les différences ont été considérées significatives lorsque la probabilité était inférieure à 5 % (p < 0,05), hautement significatives lorsque p était inférieure à 0,1, et fortement significatives lorsque p était inférieure à 0,01.



*Résultat & Discussion*

## 1 Étude ethnobotanique

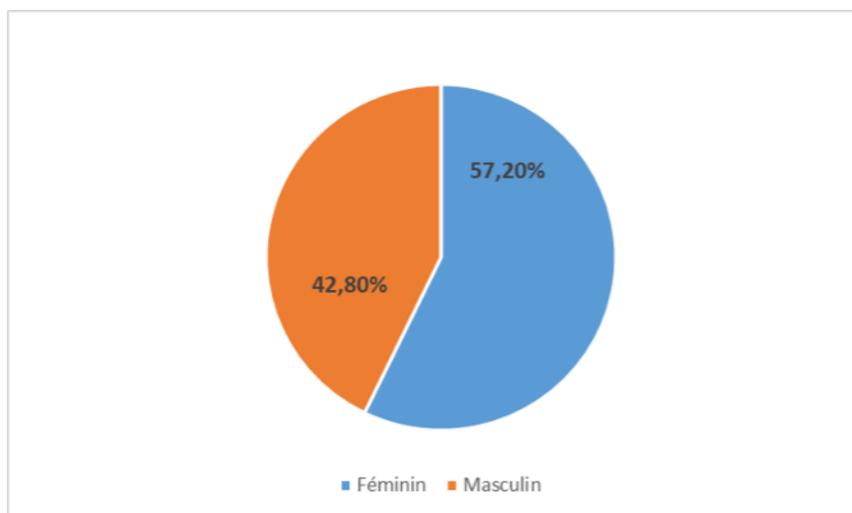
### 1.1 Fréquence d'utilisation de la plante selon le sexe et selon la situation familiale

Nous rappelons que l'étude a été menée sur une population de 194 individus résidant dans les 12 communes mentionnées précédemment, répartie entre les deux sexes, avec 111 femmes et 83 hommes. Selon les données de l'enquête sur le sexe et la situation familiale, les femmes utilisent Remth de manière bien plus fréquente que les hommes comme traitement contre certaines maladies. En fait, 57.20% des femmes interrogées déclarent utiliser Remth quotidiennement pour ses propriétés thérapeutiques, alors que seulement 42.80 % de la population masculine en fait de même. Cette prédominance peut être liée à leurs responsabilités en tant que mères, car elles sont souvent les premières à prodiguer des soins, en particulier à leurs enfants (**Figure 15**).

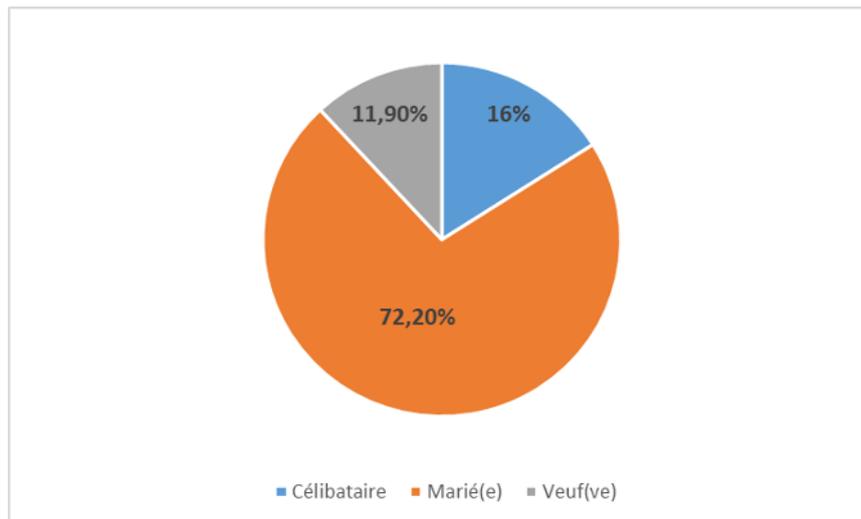
Nos résultats sont en accord avec d'autres études ethnobotaniques menées par (**Bouafia, 2021**).

Les recherches de **Nouara en 2016**, ainsi que les travaux de **Bouzid en 2015** et de **Miara., (2018)**. Ces études ont toutes confirmé que les femmes détiennent en général une connaissance plus approfondie en matière de phytothérapie traditionnelle.

On observe ainsi que 72.2 % des utilisateurs de la plante sont des personnes mariées. Car l'utilisation de cette plante à des fins médicinales leur permet de réduire et d'éviter les dépenses matérielles associées aux consultations médicales et à l'achat de médicaments (**Figure 16**).



**Figure 15** : Répartition des utilisateurs selon le sexe.

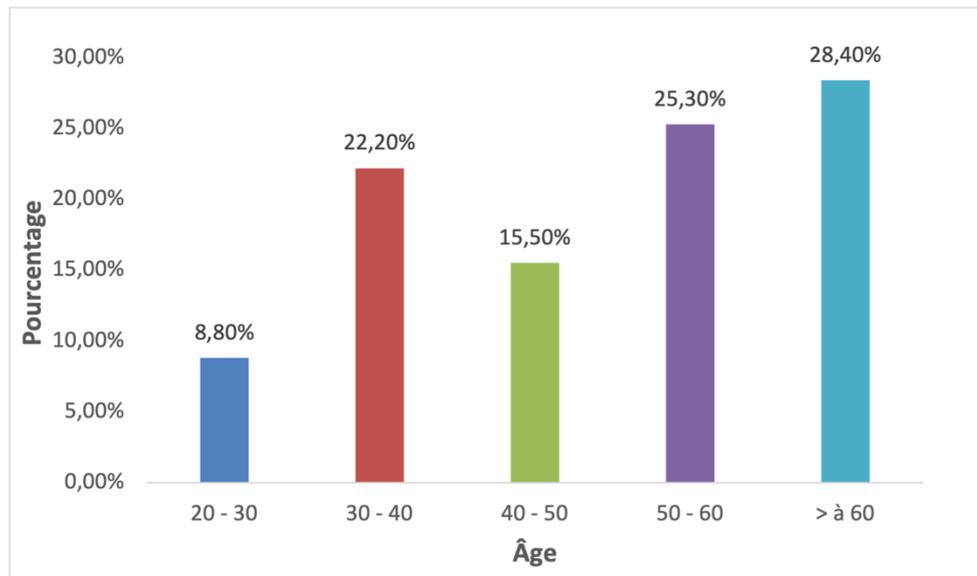


**Figure 16** : Répartition des utilisateurs selon la situation familiale.

### 1.2 Fréquence d'utilisation de la plante en fonction de la classe d'âge

« Remth » est largement utilisé par les habitants de notre zone d'étude couvrant toutes les tranches d'âge, Cependant, il est fréquemment utilisé chez les individus âgés de 60ans et plus, avec un taux de 28,4%, tandis que chez les personnes âgées de 50 à 60 ans, le taux d'utilisation est de 25,3%. En revanche, chez les personnes âgées de 20 à 30 ans, la tranche d'âge la plus jeune, l'utilisation de Remth est nettement moindre, à seulement 8,8%, et revêt un intérêt thérapeutique limité (**Figure 17**). Ces résultats indiquent clairement que les connaissances en matière de plantes médicinales sont plus répandues chez les personnes âgées que dans les autres groupes d'âge. Nos résultats confirment ceux de **Miloud et al. (2021)** et de **Kechar (2016)**. La connaissance des propriétés et des usages des plantes médicinales est généralement acquise grâce à une longue expérience transmise de génération en génération. Nos résultats mettent en évidence le fait que les individus appartenant à la tranche d'âge de 60 ans et plus détiennent une meilleure connaissance des plantes médicinales par rapport aux autres groupes d'âge. L'expérience accumulée au fil des années constitue la principale source d'information au niveau local en ce qui concerne l'utilisation des plantes en médecine traditionnelle.

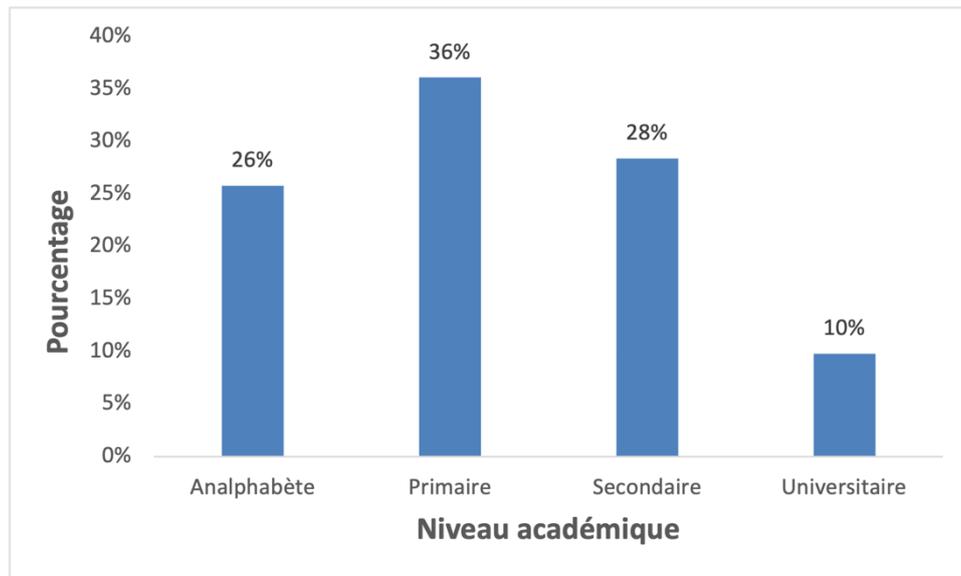
Par ailleurs, on constate une perte d'informations sur l'utilisation de notre plante chez les individus âgés de 20 à 30 ans. Cette tendance s'explique en partie par la méfiance de certaines personnes, en particulier parmi les jeunes, qui ont tendance à perdre confiance dans la médecine traditionnelle.



**Figure 17** : Répartition de la population étudiée selon les tranches d'âge.

### 1.3 Utilisation de la plante selon le niveau académique

La grande majorité des individus interrogés ont un niveau primaire, ce qui représente 36% de l'échantillon. Ce pourcentage relativement élevé est directement lié au niveau d'éducation de la population étudiée. Cependant, parmi les personnes analphabètes et ceux ayant un niveau secondaire, on observe un pourcentage d'utilisation non négligeable de 28% et 26% respectivement. En revanche, les individus ayant un niveau universitaire ont recours aux plantes médicinales de manière limitée, avec seulement 10% d'utilisation. Ces derniers considèrent généralement que ces plantes ne permettent qu'une amélioration de l'état de santé. En outre, certains ont un avis différent ils pensent que les plantes médicinales peuvent entraîner des effets secondaires, des états de toxicité, voire une détérioration de la maladie, en particulier lorsqu'elles sont administrées par voie orale (**Figure 18**).



**Figure 18 :** Répartition de la population étudiée selon le niveau d'étude.

#### 1.4 Parties de plante utilisées

Toutes les personnes interrogées ont déclaré que la partie aérienne de la plante était la plus utilisée pour traiter différentes maladies.

**Miloud et al (2021)**, et **Boucherita et al (2018)** ont également enregistré que les parties aériennes sont les plus utilisées à Naama.

Ceci est en accord avec la littérature car la partie aérienne est le site primaire des réactions photochimiques, sa teneur en principes actifs est très importante et elle est simple à collecter en tant que parties (**Khitri et al., 2016**).

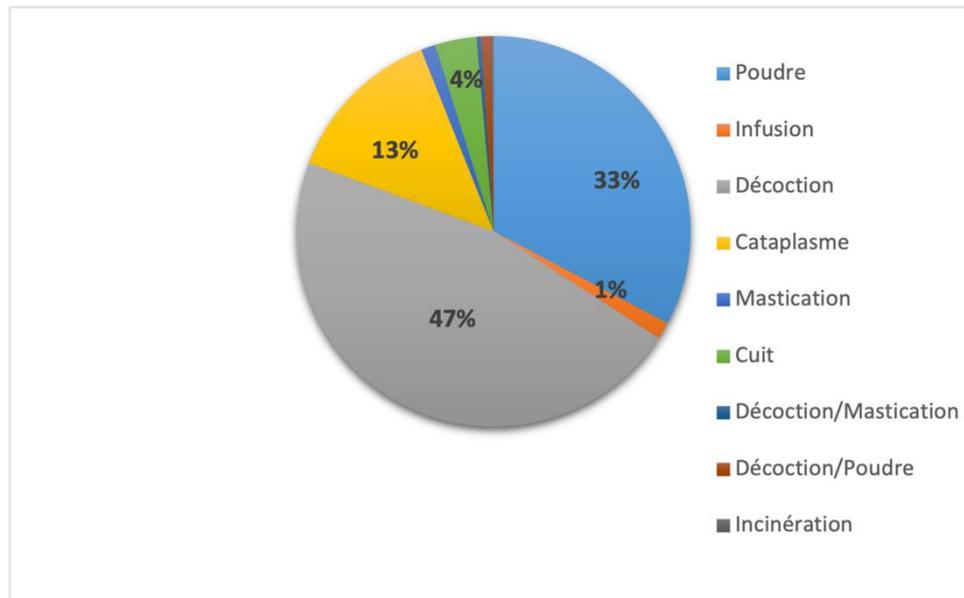
Les habitants de Naâma et El-Bayadh utilisent la partie aérienne conformément à leurs traditions culturelles.

#### 1.5 Mode de préparation

La préparation et l'application varient en fonction du type de maladies traitées. Neuf méthodes de préparation ont été enregistrées (**Figure 19**). La décoction (47%) est la préparation la plus utilisée, suivie par la poudre (33%) et du cataplasme (13%). Les autres méthodes sont représentées par des pourcentages très faibles.

Ce pourcentage indique que la population locale adopte de plus en plus la méthode de décoction et la considère comme une option appropriée pour réchauffer le corps et purifier la plante (**Lahsissène et al., 2010**). La décoction est la méthode de prédilection pour les plantes dures et fibreuses, les écorces et les racines, ainsi que pour les plantes dont les substances chimiques sont solubles dans l'eau, d'après (**Meriem., 2019**).

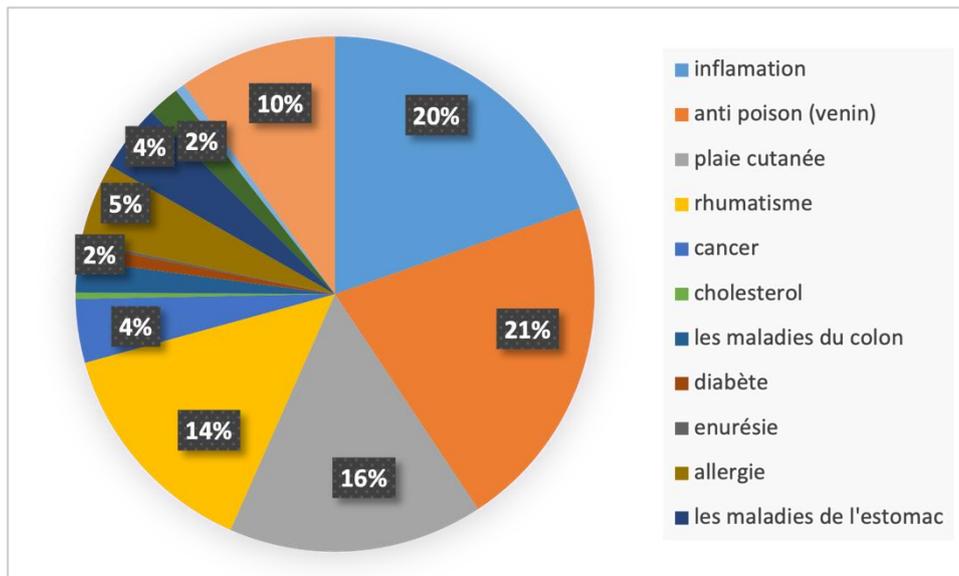
En outre, la décoction offre la possibilité d'extraire un maximum de composés actifs tout en réduisant ou éliminant l'effet nocif de certaines préparations (Salhi et al., 2010).



**Figure 19** : Différents modes de préparation préconisés.

### 1.6 Différentes maladies traitées

Cette enquête nous a permis d'identifier plusieurs maladies traitées par *Hammada scoparia*. Les résultats obtenus indiquent que cette plante est employée comme antipoison scorpionique (21%), ainsi que dans le traitement : des inflammations de diverses natures (20%), des lésions et la promotion de la cicatrisation (16%). Des douleurs rhumatismales (14%), elle est également utilisée pour traiter des affections d'estomac (4%). De plus, 0,4% utilisent cette plante comme anticholestérol, et 4% l'emploient pour lutter contre les cancers, 5% contre les allergies et 2% contre les maladies du colon, elle est également employée pour baisser le taux de la glycémie (1%) et l'hypertension artérielle (0,6%) (**Figure 20**).



**Figure 20:** Maladies traitées par *Hammada scoparia* selon les enquêtées.

### 1.7 Analyse des données et utilisation des différents indices ethnobotaniques

- **Valeur d'usage ethnobotanique (Vu)**

Valeurs d'usages ethnobotaniques de *Hammada scoparia* dans les différentes catégories d'utilisation : Selon l'âge pour l'usage contre le venin (Anti poison) par exemple, la valeur d'usage ethnobotanique varie de 0,08 à 0,52. La plus forte valeur est obtenue au niveau des personnes âgées (plus de 60 ans) ( $Vu=0,52$ ) ce qui explique que cette catégorie d'âge utilise plus cette plante contre les morsures des serpents et des scorpions, suivie par les personnes de l'âge entre 30 et 40 ans puis 40-50 (avec  $Vu$  de 0,012 et 0,11) puis en dernier viens les personnes de l'âge entre 50-60 et 20-30 avec  $Vu$  très faible de 0,08.

Au niveau du sexe, la plus forte valeur est obtenue chez les femmes ( $Vu=0,99$ ) contre 0,74 pour les hommes. Ce qui explique aussi que les femmes ont le savoir de traiter cette maladie par la plante plus que les hommes.

- **Le niveau de fidélité (NF)**

Dans notre travail, comme l'indique le **Tableau 6** le niveau de fidélité (NF) de *Hammada scoparia* dans les différentes zones d'étude variait de 0,5 % à 55 % dont le plus important est celui de l'Anti-poison (venin), Rhumatisme, Intoxication et pour les plaies cutanées. Nous pouvons expliquer que cette plante est moyennement fidèle aux différentes maladies enregistrées dans les régions d'étude ce qui montre la très grande importance de cette plante.

**Tableau 6** : les principaux types de maladies traitées par la plante *Hammada scoparia* ainsi que les différents indices ethnobotaniques

Maladies fréquentes		FC	Pourcentage	RFC	FL
Les maladies traitées par la plante.	Anti-poison (venin)	105	21,1%	54,1%	54,1%
	Rhumatisme	68	13,7%	35,1%	35,1%
	Intoxication	49	9,9%	25,3%	25,3%
	Plaie cutané	49	9,9%	25,3%	25,3%
	Abcès cutané	26	5,2%	13,4%	13,4%
	Cancer	20	4,0%	10,3%	10,3%
	Démangeaison	14	2,8%	7,2%	7,2%
	Leishmaniose	13	2,6%	6,7%	6,7%
	Kyste	11	2,2%	5,7%	5,7%
	Nerfs abdominales	11	2,2%	5,7%	5,7%
	Colon	10	2,0%	5,2%	5,2%
	Goitre	10	2,0%	5,2%	5,2%
	Hémorroïdes	8	1,6%	4,1%	4,1%
	Abcès dentaires	7	1,4%	3,6%	3,6%
	Eczéma	7	1,4%	3,6%	3,6%
	Furoncle	7	1,4%	3,6%	3,6%
	Maladies bucco-dentaires	6	1,2%	3,1%	3,1%
	Ulcère	6	1,2%	3,1%	3,1%
	Diabète	5	1,0%	2,6%	2,6%
	Microbe	5	1,0%	2,6%	2,6%
	Estomac	4	0,8%	2,1%	2,1%
	Fièvre de lait	4	0,8%	2,1%	2,1%
	Rhume	4	0,8%	2,1%	2,1%
Allergies	3	0,6%	1,5%	1,5%	
Hypertension	3	0,6%	1,5%	1,5%	
Vessie et Reins	3	0,6%	1,5%	1,5%	
Brulure cutané	2	0,4%	1,0%	1,0%	

Cheveux	2	0,4%	1,0%	1,0%
Fièvre	2	0,4%	1,0%	1,0%
Gale	2	0,4%	1,0%	1,0%
Infection urinaire	2	0,4%	1,0%	1,0%
Infection vaginale	2	0,4%	1,0%	1,0%
Infections cutanées	2	0,4%	1,0%	1,0%
Panaris	2	0,4%	1,0%	1,0%
Stérilité	2	0,4%	1,0%	1,0%
Vers intestinaux de l'enfant	2	0,4%	1,0%	1,0%
Abcès vaginales	1	0,2%	0,5%	0,5%
Acné	1	0,2%	0,5%	0,5%
Antibiotique	1	0,2%	0,5%	0,5%
Antiseptique	1	0,2%	0,5%	0,5%
Bactéricide	1	0,2%	0,5%	0,5%
Bas du dos	1	0,2%	0,5%	0,5%
Cholestérol	1	0,2%	0,5%	0,5%
Énurésie	1	0,2%	0,5%	0,5%
Éruption cutané	1	0,2%	0,5%	0,5%
Fongicide	1	0,2%	0,5%	0,5%
Gangrène	1	0,2%	0,5%	0,5%
Goutte	1	0,2%	0,5%	0,5%
Lombalgie	1	0,2%	0,5%	0,5%
Maladies gynécologiques	1	0,2%	0,5%	0,5%
Migraine	1	0,2%	0,5%	0,5%
Pelade	1	0,2%	0,5%	0,5%
Plaie vaginale post accouchement	1	0,2%	0,5%	0,5%
Varicelle	1	0,2%	0,5%	0,5%
Varices	1	0,2%	0,5%	0,5%
Total	55	497	100,0%	256,2%

### 1.8 Les résultats des analyses statistiques

Les résultats du test d'indépendance de Chi-deux sont significatives au niveau 0,05, et montrent que les fréquences relatives de citation (FRC) des différents types de maladies traitées par l'*Arthrophytum* dépendent des variables liées au sexe (p-value = 0,00), à la profession (p-value = 0,00) et le niveau d'étude (p-value = 0,001). Ceci indique que les personnes enquêtées n'accordent pas la même importance à l'espèce *Hammada scoparia* en ce qui concernent ses différentes formes d'usage thérapeutiques, sauf pour les variables liées à l'âge (p-value = 0,091) et complètement liée à la situation familiale (p-value = 0,490) (**Tableau 7**).

**Tableau 7** : Résultats du test d'indépendance de chi-deux entre le FRC des différents types de maladies traitées par la plante et les caractéristiques socio-démographiques

Caractéristiques socio-démographiques	Chi-deux	P-value
Age	248,442	0,091
Sexe	102,060	0,000
Profession	113,536	0,000
Situation familiale	109,713	0,490
Niveau d'étude	227,837	0,001

## 2 Extraction et détermination du rendement

Le rendement en pourcentage (%) des extraits bruts de la partie aérienne sont représentés dans le **Tableau 8**.

Le rendement de l'extrait éthanolique (9,5%) était le rendement le plus faible, tandis que l'extrait aqueux (12,6%) représente le rendement le plus élevé parmi les trois extraits étudiés.

**Tableau 8**. Rendements des extraits étudiés.

Solvant	Rendement (%)
Éthanol	9,5
Méthanol	11,5
Aqueux	12,6

Ainsi, **Lachkar et al (2021)** en extrayant les parties aériennes de *Hammada scoparia*, obtiennent un rendement de (16%) pour l'extrait aqueux décocté et (14,35%) pour l'extrait méthanolique.

Tandis que, les travaux de **Bouaziz et al. (2016)** montrent des rendements très faibles après l'extraction de 650g de feuilles de *Hammada scoparia* par macération dans 2l d'éthanol-eau et méthanol-eau, ils obtiennent des résultats de l'ordre de 5,05% et 4,76%, respectivement. Les variations constatées dans les rendements pourraient être due à la perte de certaines substances relativement volatiles au cours des étapes d'extraction ou dépendent de la durée de séchage de la biomasse (**Commandre et al., 2015**).

### 3 Résultats du screening phytochimique

Nous rappelons que les essais phytochimiques visent à identifier les diverses catégories de composés présents dans la partie étudiée de la plante, en recourant à des réactions de précipitation ou de coloration avec des réactifs spécifiques adaptés à chaque catégorie de composés. Les résultats obtenus sont rapportés dans le **Tableau 9**.

**Tableau 9.** Résultats du screening phytochimiques des extraits méthanolique, éthanolique et aqueux.

<b>Composants</b>	<b>Extrait aqueux</b>	<b>Extrait hydrométhanolique</b>	<b>Extrait hydroéthanolique</b>
<b>Les alcaloïdes</b>	+	+	+
<b>Les flavonoïdes</b>	+	+	+
<b>Les stérols</b>	–	–	–
<b>Les coumarines</b>	–	–	–
<b>Les sucres réducteurs</b>	–	–	–
<b>Les tanins galliques</b>	–	–	–
<b>Les tanins catéchiques</b>	+	+	+
<b>Les saponines</b>	+	+	+
<b>Les quinones</b>	–	–	–
<b>Les protéines</b>	–	–	–

+ : présence

– : absence

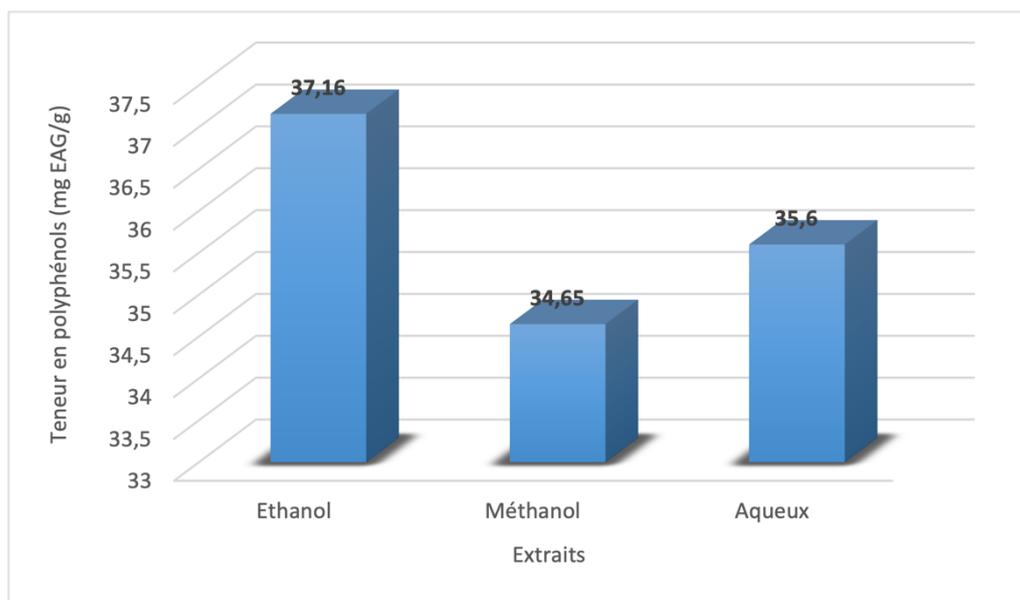
Le screening phytochimique réalisé sur les extraits aqueux, méthanolique et éthanolique de la partie aérienne de *Hammada scoparia* révèlent la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des saponines et des tanins catéchiques. Ces métabolites secondaires possèdent un large potentiel

d'activités pharmacologiques et sont, par conséquent responsables des propriétés thérapeutiques de notre plante.

#### 4 Résultats de l'étude phytochimique

##### 4.1 Teneur en polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux des extraits a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu. D'après ces résultats, des valeurs variables ont été enregistrées, et ces variations étaient liées au choix du solvant. La concentration la plus élevée des phénols totaux a été enregistrée dans l'extrait éthanolique en comparaison avec les extraits aqueux et méthanolique, comme suit :  $37,16 \pm 1,67$  (mg eq GA/g) pour l'extrait éthanolique,  $35,6 \pm 0,57$  (mg eq GA/g) pour l'extrait aqueux et  $34,65 \pm 0,83$  (mg eq GA/g) pour l'extrait méthanolique (**Figure 21**).



**Figure 21** : Teneurs en polyphénols totaux des extraits aqueux, hydrométhanolique et hydroéthanolique.

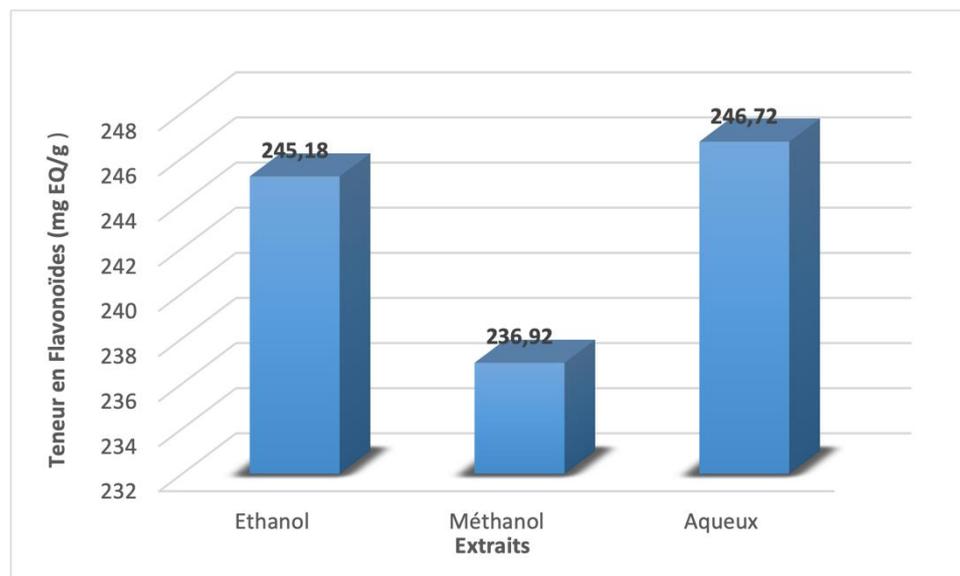
Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par **Haida et Kribii., 2020**, qui a montré que l'extrait aqueux de *H. Scoparia* a donné une forte teneur en phénols totaux :  $31.64 \pm 0.14$  mg GAE/g, les résultats trouvés par **Boulanouar et al., 2013** montrent que l'extrait hydroalcoolique (70%) de *H. scoparia* a fourni une teneur en polyphénols de l'ordre de 108 mg GAE/g, significativement plus élevée que ceux de notre étude. D'autres travaux ont rapporté que l'extraction de la même plante avec le mélange éthanol-eau (à 90%) a fourni 75,32 mg GAE/g (**Bouaziz et al., 2016**).

**Mohammedi., 2012** rapports qu'une valeur d'environ 16 mg GAE/g a été obtenue avec l'extrait hydro-méthanolique (à 70%).

En outre, les teneurs en polyphénols peuvent être influencées par des facteurs externes et héréditaires, comme indiqué par **Falleh et al., 2008**. De même, des éléments tels que les facteurs de croissance, la période de récolte, le stade de maturité de la plante et les conditions de stockage, peuvent également exercer un impact sur ces teneurs (**Lombardo et al., 2010**).

#### 4.2 Teneur en flavonoïdes totaux

En ce qui concerne les flavonoïdes, les extraits hydroéthanolique, hydrométhanolique et aqueux, présentent des valeurs de  $245.18 \pm 2.38$ ,  $236.92 \pm 12.53$  et  $246.72 \pm 4.78$  mg EQ/g, respectivement avec une différence statistiquement non significative entre tous les extraits. Les flavonoïdes sont plus abondants dans l'extrait aqueux et éthanolique (**Figure 22**).



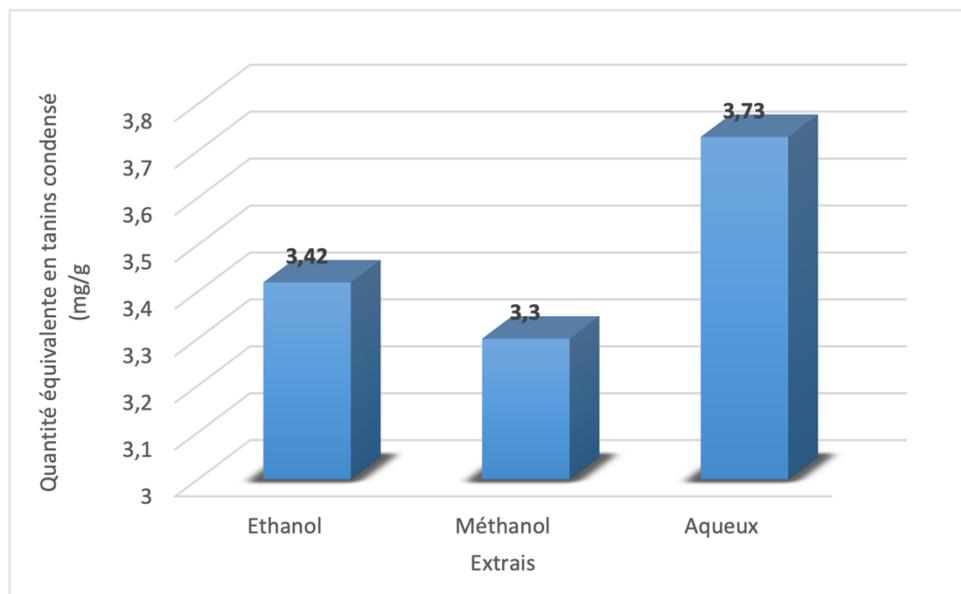
**Figure 22** : Teneurs en flavonoïdes des extraits

Le contenu en flavonoïdes de notre plante concorde avec celui de **Lachkar et al., 2021**) pour l'extrait aqueux préparé par infusion avec une valeur de  $228,67 \pm 10,87$  mg EQ/g. Cependant, les valeurs relatives aux flavonoïdes totaux sont inférieures à celles de l'extrait aqueux préparé par décoction  $306,59 \pm 4,35$  mg EQ/g.

#### 4.3 Teneurs des tanins condensés

Concernant les tanins condensés, l'extrait aqueux a montré une teneur de  $3,73 \pm 1,1$  (mg EC/g). Cependant, les teneurs des extraits d'éthanol et de méthanol étaient de  $3,42 \pm 0,39$  (mg EC/g) et  $3,3 \pm 0,25$  (mg EC/g) respectivement. Par conséquent, la teneur en tanins de chaque extrait

est très faible et les différences entre les trois extraits testés ne sont pas significatives (**Figure 23**).



**Figure 23:** Teneurs des tanins condensés des extraits.

Une recherche menée par **Haida et Kribii., 2020** révèle des valeurs proches en tanins condensés (2,55 et 2,18 mg CE/g) dans les parties aériennes et racinaires.

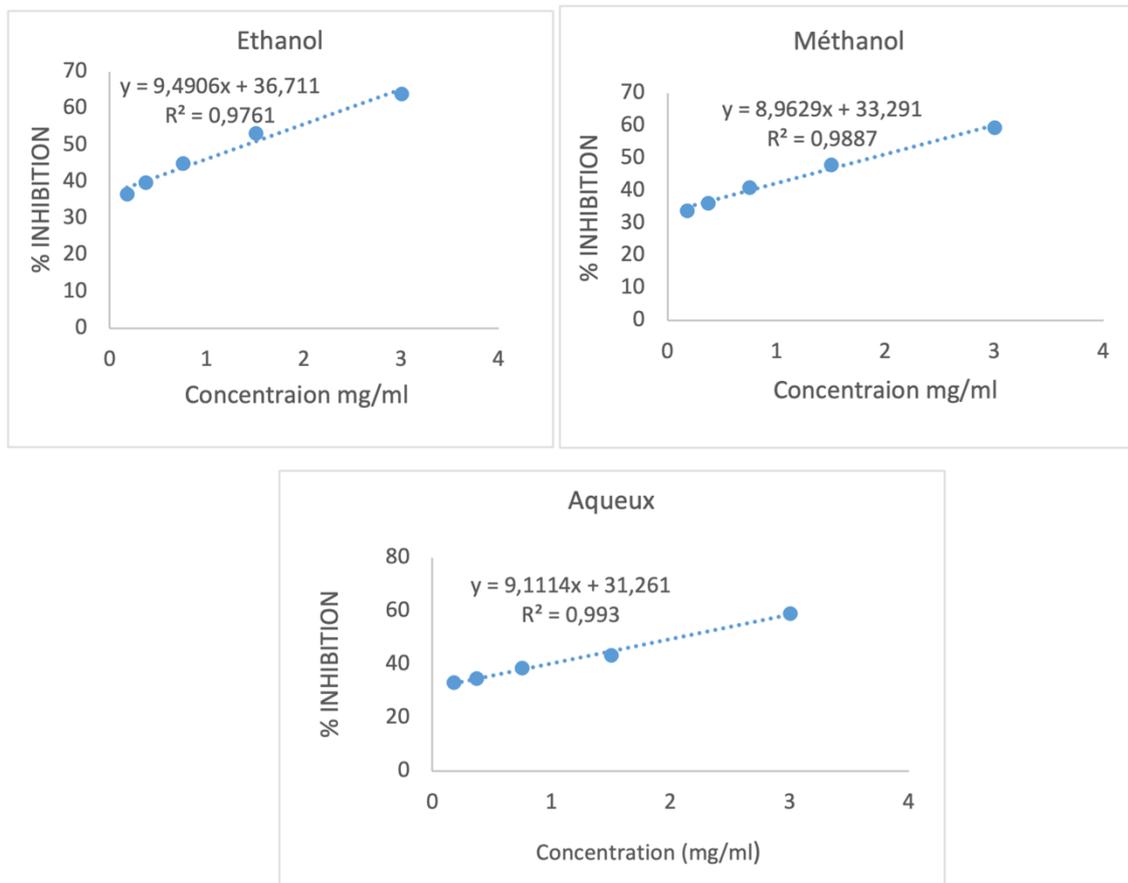
Les résultats obtenus par **Nounah et al., 2019**, sur l'extrait hydroalcoolique des tiges et des feuilles de *H. scoparia*, dépassent nos résultats (9,247 mg CE/g pour les feuilles et 4,377 mg CE/g pour les tiges).

Les résultats que nous avons obtenus surpassent ceux issus d'une étude antérieure menée par **Mecheri et Zeghabi., 2015**, où l'extrait hydro-méthanolique (à 80%) a révélé une teneur en tanins condensés d'environ 0,92 mg CE/g.

## 5 Résultats des activités in vitro

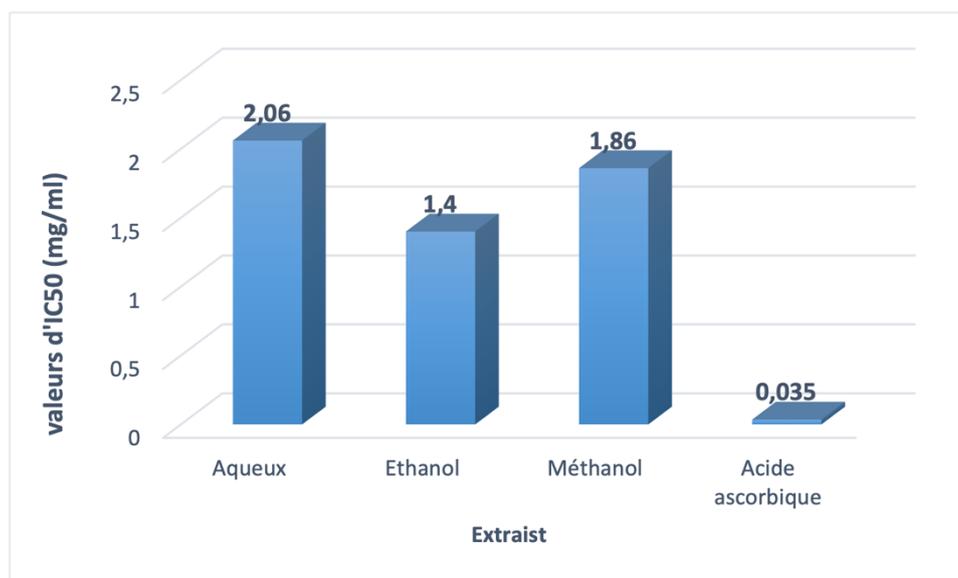
### 5.1 Activité antioxydante

#### 5.1.1 Évaluation du pouvoir antioxydant (test de DPPH)



**Figure 24:** Courbes de l'activité antioxydante par la méthode (DPPH) des trois extraits testés hydrométhanolique, hydroéthanolique et aqueux.

La figure 25 regroupe les valeurs d'IC<sub>50</sub> de nos extraits calculés à partir des courbes représentant l'activité antioxydante des extraits (Test DPPH) (**Figure 25**).



**Figure 25:** Valeurs d'IC50 pour les différents extraits étudiés (Test DPPH).

D'après les résultats figurés ci-dessus on remarque que l'extrait hydroéthanolique présente une activité antioxydante plus élevée par rapport aux deux autres extraits correspond à un pourcentage d'inhibition (%) élevé égale à 63.905% et une valeur d'IC50 très faible égale à 1,4 mg/ml en comparaison avec l'acide ascorbique (94.31%) (**Annexe B**).

En outre, les données rapportées par **Akyeva et al (2022)** indiquent que les composés phénoliques d'un extrait d'une plante peuvent réagir plus rapidement que d'autres et affecte l'activité de piégeage des radicaux libre, ce qui suggère que d'autres éléments comme les vitamines C, E et les caroténoïdes peuvent affecter l'activité antioxydante totale.

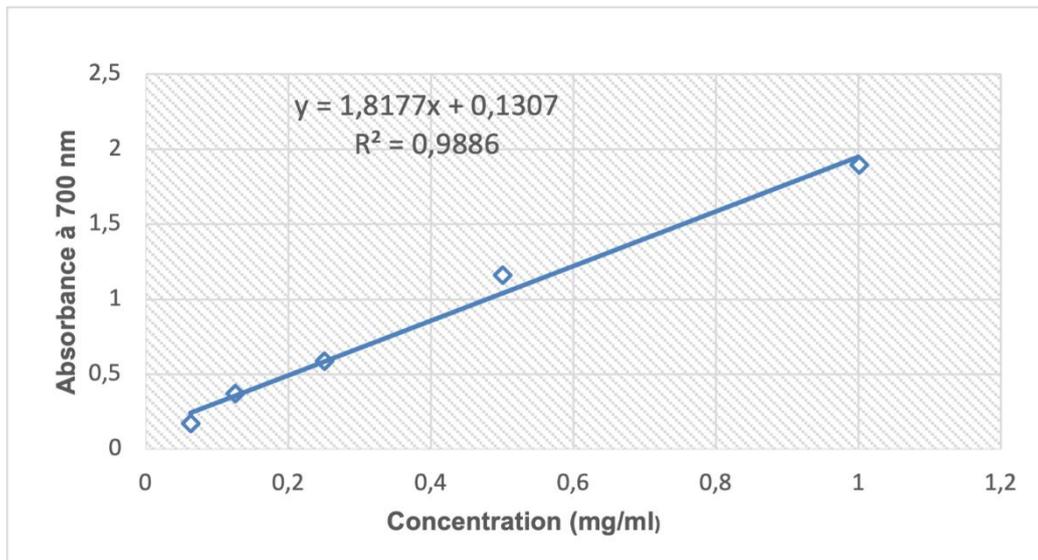
De nombreuses recherches qui ont été portées sur l'étude de la même plante au Maroc ont montré un contraste clair dans le pouvoir réducteur des extraits d'acétone et d'alcaloïdes des parties aérienne et racinaire. En comparant les valeurs d'IC50 des extraits, il a été constaté que le pouvoir réducteur de la partie racinaire des extraits était plus puissant que celui de la partie aérienne (0,5822 et 1,0809 mg/ml) contre (4,0448 et 6,1020 mg/ml), respectivement pour les deux protocoles d'extraction. Les résultats de cette étude montrent que les extraits d'acétone ont un pouvoir réducteur plus élevé que les extraits d'alcaloïdes (**Haida et al., 2022**).

L'étude de **Nounah et al en 2019** sur la même plante pour un extrait hydroéthanolique (80%) des feuilles et des tiges montre un pouvoir antiradicalaire plus puissant que celles de nos résultats avec un IC50 égale à 7,06 µg/ml pour les feuilles et 23,416 µg/ml pour les tiges.

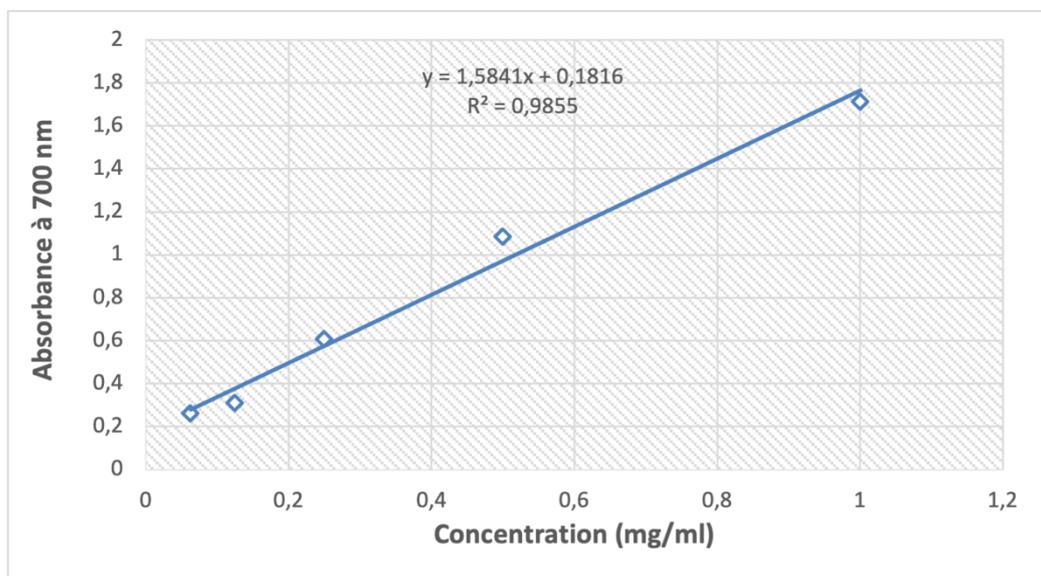
Nos valeurs d'IC50 enregistré sont proches à celle obtenus par **Driouchea et al., 2019** au Maroc sur l'extrait hydro-éthanolique de *H. scoparia* avec une valeur d'IC50 égale à 1,4 mg/ml. Et plus faible à celle de **Lachkar et al., 2021** qui a obtenus des IC50 égale à  $439,3 \pm 7,74$  µg/m,

$518.96 \pm 5.66 \mu\text{g/m}$  et  $57.87 \pm 1.50 \mu\text{g/m}$  pour les extraits décocté, infusé et méthanolique respectivement.

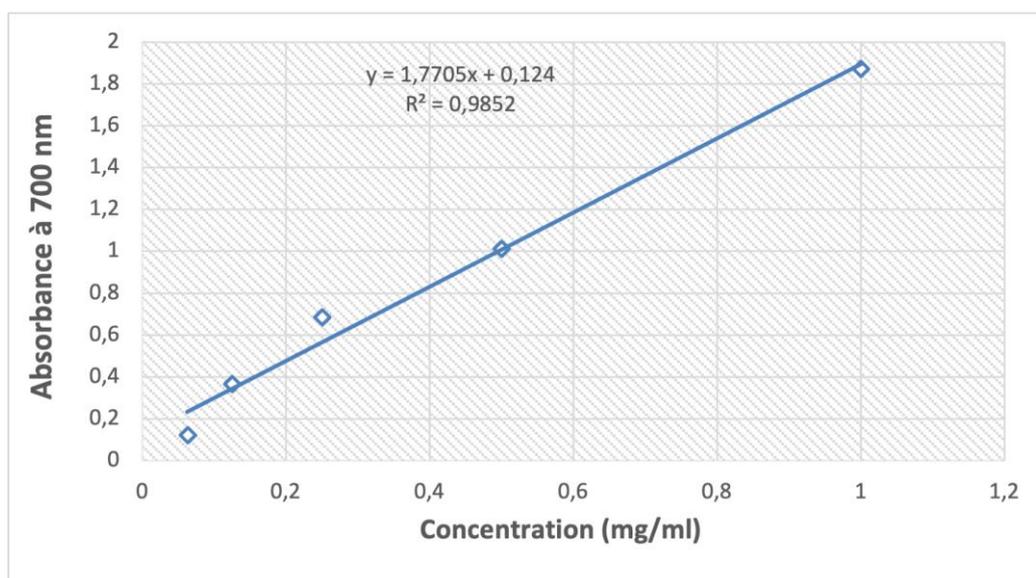
### 5.1.2 Évaluation du pouvoir antioxydant (test de FRAP)



**Figure 26 :** Courbe représentant l'activité antioxydante de l'extrait aqueux (Test FRAP).



**Figure 27 :** Courbe représentant l'activité antioxydante de l'extrait hydro-éthanolique (Test FRAP).



**Figure 28 :** Courbe représentant l'activité antioxydante de l'extrait hydro-méthanolique (Test FRAP).

L'évaluation du pouvoir antioxydant par le test FRAP a montré que l'extrait aqueux (11,91 mg d'équivalent AAs/g) est plus riche en composés antioxydants suivi respectivement de l'extrait hydrométhanolique (11,76 mg d'équivalent AAs/g) et de l'extrait hydroéthanolique (10,69 mg d'équivalent AAs/g).

Les composés responsables de la réduction du fer sont présents dans les extraits aqueux. Cela peut être dû à la présence d'un niveau élevé de flavonoïdes démontré dans le test des métabolites secondaires (**Lachkar et al., 2021**).

**Nounah et al., 2019**, qui ont étudié le criblage phytochimique et l'activité biologique de l'extrait de feuilles et de tiges de *H. Scoparia*. Ils ont remarqué que l'extrait hydroéthanolique des feuilles présente la plus grande capacité de réduction du fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) en fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) avec une valeur de (67,2 mg d'équivalent Trolox/g) que l'extrait hydroéthanolique des tiges (15,2 mg d'équivalent Trolox/g).

## 5.2 Étude du pouvoir antibactérien

### 5.2.1 Sensibilité des souches bactériennes aux antibiotiques.

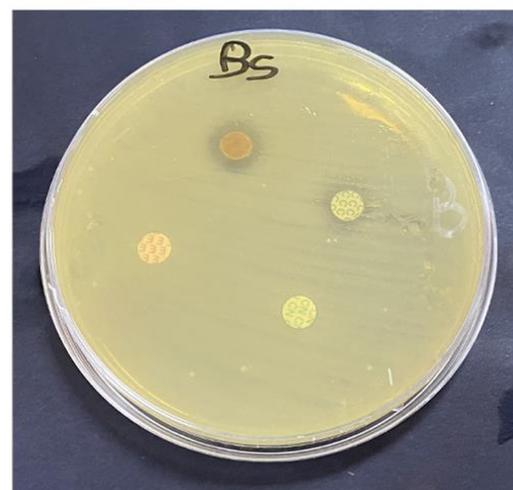
Les résultats concernant la sensibilité des souches bactériennes aux antibiotiques testés sont présentés dans le **Tableau 10**.

**Tableau 10.** Résultats de l'antibiogramme (diamètre de la zone d'inhibition en mm).

Antibiotiques	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>K. pneumonia</i>
CZ	00	00	06	06	20
CT	00	00	00	13	00
TE	12	15	14	00	22
AMX	00	06	06	00	06
C	10	21	00	06	06
CN	06	00	00	00	06
E	06	06	06	06	06

**CZ** : Céfazoline **CT** : Colistine **TE** : Tétracycline **AMX** : Amoxicilline **C** : Chloramphénicol

**CN** : Céfalexine **E** : Érythromycine.

*E. coli**B. subtilis**P. aeruginosa**S. aureus*

## K. pneumoniae



**Figure 29** : Diamètres des zones d'inhibition de l'antibiogramme.

Les résultats du **tableau 10** montrent que les souches *B. subtilis* et *S. aureus* sont les plus résistantes aux deux antibiotiques CZ et CT. Alors que la souche bactériennes, *E. coli* résistante aux antibiotiques C, CN, et CT. Et la souche bactérienne *P. aeruginosa* est résistante aux TE, AMX et CN.

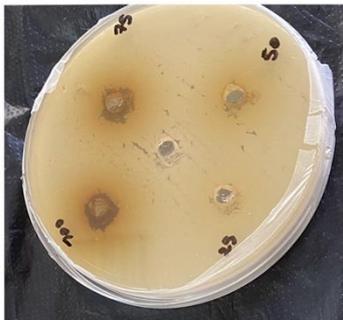
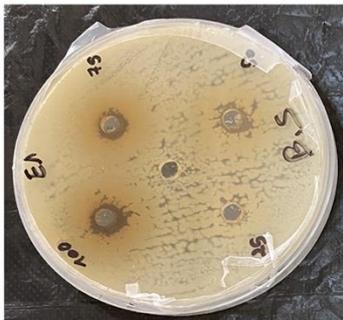
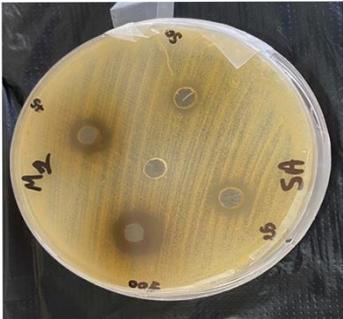
*B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* et *P. aeruginosa* sont les plus sensibles aux antibiotiques TE, C, TE et CT respectivement avec des zones d'inhibition allant de 12 pour *B. subtilis* jusqu'à 21 mm pour *S. aureus*.

Il est évident de conclure que toutes les souches bactériennes utilisées dans cette étude présentent des phénomènes de résistances aux antibiotiques. Tandis que tout l'antibiotique testé montre un effet variable d'une souche à une autre (**Figure 29**).

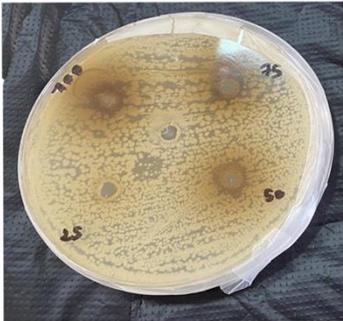
### 5.2.2 Sensibilité des souches bactériennes aux extraits

Les bactéries testées en fonction de la taille de la zone d'inhibition provoquée par leur destruction : Elles sont considérées comme sensibles lorsque la zone d'inhibition mesure plus

de 12 mm, modérément sensibles si la zone d'inhibition est de 6 à 11 mm, et résistantes si la zone d'inhibition mesure 6 mm (Figure 30).



Aucune inhibition

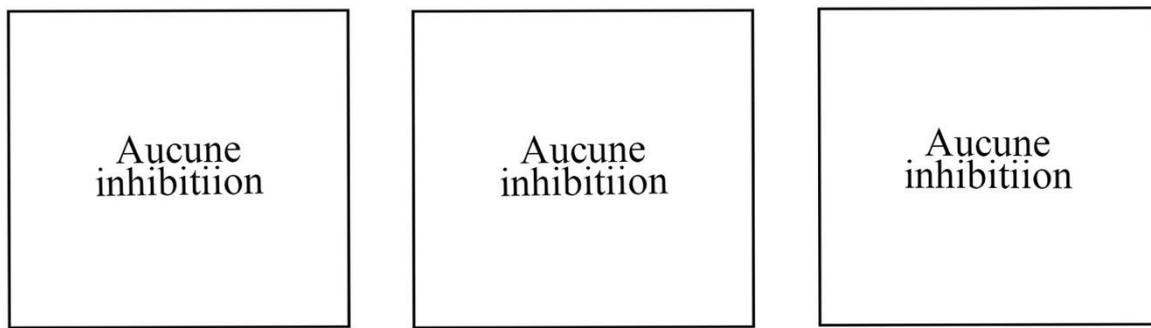


Aucune inhibition

Aucune inhibition

Aucune inhibition

Aucune inhibition



**Figure 30 :** Résultats de l'activité antibactérienne des extraits contre les cinq souches étudiées.

L'efficacité antibactérienne des trois extraits (hydroéthanolique, hydrométhanolique et aqueux) a été évaluée *in vitro* en utilisant la méthode des puits, où la mesure en millimètres du diamètre des zones d'inhibition des cultures permet de déterminer l'impact des différents extraits sur les germes testés. En général, il a été observé que l'extrait hydrométhanolique et l'extrait hydroéthanolique présentaient une activité antibactérienne plus marquée aux fortes concentrations (100 mg/ ml) que celle enregistrée avec l'extrait aqueux. Les résultats de ce test sont portés dans (**Tableau 9,10 et 11**).

Selon les résultats, les trois bactéries (*S. aureus*, *B. subtilis* et *K. pneumonia*) sont toutes sensibles ou modérément sensibles aux deux extraits hydrométhanolique et hydroéthanolique avec des diamètres de zones d'inhibition allant de  $10,33 \pm 0,58$  mm pour *B. subtilis* jusqu'à  $14,67 \pm 0,58$  mm pour *S. aureus*. L'extrait aqueux n'a montré aucune zone d'inhibition contre *B. subtilis* et *K. Pneumonia*, il présente une activité antibactérienne seulement avec *S. aureus* avec un diamètre d'inhibition de  $12,00 \pm 1,00$  mm

Les trois extraits utilisés dans ce test n'ont montré aucune zone d'inhibition contre les deux bactéries Gram-négatives testé (*E. Coli* et *P. aeruginosa*).

Nos résultats portés dans (**Tableau 11, 12 et 13**) montrant clairement que *S. aureus*, Gram (+) est très sensible à l'extrait hydrométhanolique avec un diamètre de ( $14,67 \pm 0,58$  mm) par rapport aux deux autres extraits testés dont le diamètre ne dépasse pas ( $12,00 \pm 1,00$  mm).

**Tableau 11.** Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de la croissance des souches bactériennes par l'extrait hydrométhanolique (en mm).

Concentrations	Souches bactériennes				
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>K. pneumonia</i>
100%	<b>10,33 ± 0,58</b>	<b>14,67 ± 0,58</b>	(-)	(-)	<b>10,67 ± 1,53</b>
75%	<b>09,33 ± 0,58</b>	<b>11,33 ± 0,58</b>	(-)	(-)	<b>10,00 ± 3,00</b>
50%	<b>06,67 ± 1,15</b>	<b>10,33 ± 0,58</b>	(-)	(-)	<b>09,00 ± 2,00</b>
25%	<b>06,00 ± 0,00</b>	<b>10,33 ± 0,58</b>	(-)	(-)	<b>07,00 ± 0,00</b>

**Tableau 12.** Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de la croissance des souches bactériennes par l'extrait hydroéthanolique (en mm).

Concentrations	Souches bactériennes				
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>K. pneumonia</i>
100%	<b>10,67 ± 1,15</b>	<b>11,67 ± 0,58</b>	(-)	(-)	<b>12,00 ± 1,00</b>
75%	<b>09,33 ± 0,58</b>	<b>11,00 ± 1,00</b>	(-)	(-)	<b>10,33 ± 1,53</b>
50%	<b>09,67 ± 2,08</b>	<b>10,00 ± 1,00</b>	(-)	(-)	<b>8,00 ± 3,46</b>
25%	<b>07,00 ± 1,00</b>	<b>07,00 ± 1,73</b>	(-)	(-)	<b>6,00 ± 0,00</b>

**Tableau 13.** Valeurs des diamètres des zones d'inhibition de la croissance des souches bactériennes par l'extrait aqueux (en mm).

Concentrations	Souches bactériennes				
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>K. pneumonia</i>
100%	(-)	<b>12,00 ± 1,00</b>	(-)	(-)	(-)
75%	(-)	<b>10,66 ± 0,58</b>	(-)	(-)	(-)
50%	(-)	<b>9,00 ± 2,00</b>	(-)	(-)	(-)
25%	(-)	<b>08,00 ± 1,73</b>	(-)	(-)	(-)

Les résultats de notre étude révèlent que les souches de bactéries Gram-positives (*B. subtilis*, *S. aureus*) sont beaucoup plus sensibles aux extraits que les souches Gram-négatives (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumonia*), qui présentent une résistance aux extraits étudiés.

L'activité antibactérienne de ces extraits peut être attribuée à divers facteurs : un effet osmotique provoqué par la concentration élevée en sucre, un environnement acide dû au pH, qui n'est pas favorable à la croissance bactérienne, la présence de substances antibiotiques d'origine animale, comme la glucose-oxydase, qui permet une libération continue et prolongée de faibles quantités de peroxyde d'hydrogène, ainsi que la présence de substances antibiotiques d'origine végétale, dont le rôle peut être significatif (**Baquero et al., 2022**).

Nos résultats portés dans le (Tableau 1, 2 et 3) montrant clairement que *S. aureus*, Gram (+) est très sensible aux trois extraits avec un diamètre compris entre ( $14,67 \pm 0,58$  mm) et ( $11,67 \pm 0,58$  mm) par rapport à *B. subtilis* Gram (+) qui est moyennement sensible ( $10,67 \pm 1,15$  mm) aux deux extraits hydrométhanolique et hydroéthanolique, et par rapport à *K. pneumoniae*, Gram (-) dont le diamètre ne dépasse pas ( $12,00 \pm 1,00$  mm).

Donc l'utilisation des extraits de *Hammada scoparia* ont un effet remarquable sur toutes les souches gram positifs testés mais bien précisément sur *S. aureus* avec un diamètre d'inhibition de ( $14,67 \pm 0,58$  mm). Ce dernier décline progressivement avec la diminution de la concentration d'extrait jusqu'à ( $10,33 \pm 0,58$  mm) avec la concentration 25%.

Contrairement à *S. aureus* les deux autres souches *E. coli* et *P. aeruginosa* paraissent plus résistantes aux trois extraits testés.

L'efficacité d'une substance d'origine végétale dépend de divers facteurs, notamment la méthode d'extraction et la concentration des composants actifs. Il est important de noter que *Hammada scoparia* contient des flavonoïdes, des saponines et des tanins. Étant donné que ces composés sont reconnus pour leurs propriétés antibactériennes, leur présence pourrait expliquer les caractéristiques antibactériennes observées. En fait, une étude menée par **Olchowik-Grabarek en 2022** a révélé que les tannins présentent une activité antimicrobienne assez intéressante.

Une étude a été menée sur les extraits éthanoliques et méthanolique de la même plante au Maroc a enregistré des valeurs plus élevées que nos résultats, dont le diamètre de la zone d'inhibition est de ( $23 \pm 2$  mm) pour *S. aureus*,  $14,5 \pm 0,5$  mm pour *B. Subtilis* et ( $14,6 \pm 0,8$  mm) pour *K. pneumoniae* avec une différence entre les deux extraits dont l'extrait méthanolique donne un diamètre plus élevé que l'extrait éthanolique (**Bouaziz et al., 2016**).

En comparant avec nos résultats (**Nounah et al., 2019**) a enregistré un effet plus faible avec l'extrait hydroalcoolique (80%) des tiges et des feuilles contre les bactéries : *S. epidermidis*, *E. coli*, *S. aureus*, *K pneumoniae* avec un diamètre de zone d'inhibition compris entre 7 et 9 mm.

Une recherche antérieure a montré une activité modérée du macérat hydro-méthanolique de *Hammada scoparia* contre *E. coli*, *K. pneumoniae* avec des diamètres d'inhibition comme suit :

(12.0 ± 0.3 mm), (11.0 ± 0.0 mm) alors qu'aucune sensibilité n'a été observée pour les autres souches *S. aureus* et *P. aeruginosa* (Aziz et al., 2019).

### 5.2.3 Détermination de la CMI et CMB

Les données relatives à la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB) vis à vis de chaque souche bactérienne testés sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 14.** Concentrations minimales inhibitrices et concentrations minimales bactéricides de l'extrait hydrométhanolique vis-à-vis des bactéries testées (mg/ml).

Nom de la souche	CMI	CMB	CMB/CMI
<b>B. subtilis</b>	<b>12,5</b>	-	-
<b>S. aureus</b>	<b>25</b>	-	-
<b>E. coli</b>	<b>33,33</b>	-	-
<b>P. aeruginosa</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>2</b>
<b>K. pneumonia</b>	<b>25</b>	-	-

La concentration minimale inhibitrice (CMI) la plus faible pour l'extrait hydrométhanolique a été observée pour *B. subtilis*, à environ 12.5 mg/ml. En revanche, *P. aeruginosa* a présenté la valeur de CMI la plus élevée, atteignant 50 mg/ml, ce qui constitue le niveau maximal enregistré pour l'extrait hydrométhanolique. Les autres souches étudiées *S. aureus*, *K. pneumonia* ont montré une CMI intermédiaire de 25 mg/ml.

Ces résultats sont en accord avec ceux entrepris par Bouaziz et al., 2016 qui ont testé l'activités antibactériennes et antioxydantes des extraits de *Hammada scoparia* et de ses principaux alcaloïdes purifiés, et ont démontré une forte activité contre *B. subtilis*, *S. aureus* et *K. pneumonia*.

**Tableau 15.** Concentrations minimales inhibitrices et concentrations minimales bactéricides de l'extrait hydroéthanolique vis-à-vis des bactéries testées (mg/ml).

Nom de la souche	CMI	CMB	CMB/CMI
<b>B. subtilis</b>	<b>41,67</b>	-	-
<b>S. aureus</b>	<b>50</b>	-	-
<b>E. coli</b>	<b>66,67</b>	-	-
<b>P. aeruginosa</b>	<b>100</b>	-	-
<b>K. pneumonia</b>	<b>41,67</b>	-	-

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) les plus faibles pour l'extrait hydroéthanolique ont été observées avec *B. subtilis* et *K. pneumonia*, les deux à environ 41,67mg/ml. En revanche, *P. aeruginosa* a présenté la valeur de CMI la plus élevée, atteignant 100 mg/ml, ce qui constitue le niveau maximal enregistré pour l'extrait hydroéthanolique. Les autres souches étudiées *S. aureus*, *E. coli* ont montré une CMI intermédiaire de 50 mg/ml et 66,67 mg/ml.

Ces résultats sont en désaccord avec ceux enregistrés par **Nounah et al en 2019** qui a travaillé sur : Criblage phytochimique et activité biologique des feuilles et des tiges de *Hammada Scoparia*, montrent que le meilleur effet d'inhibition est détecté par l'extrait hydroéthanolique contre *S. aureus* et *E. coli*.

**Tableau 16.** Concentrations minimales inhibitrices et concentrations minimales bactéricides de l'extrait aqueux vis-à-vis des bactéries testées (mg/ml).

Nom de la souche	CMI	CMB	CMB/CMI
<b>B. subtilis</b>	<b>50</b>	-	-
<b>S. aureus</b>	<b>50</b>	-	-
<b>E. coli</b>	<b>41,67</b>	<b>100</b>	<b>2,4</b>
<b>P. aeruginosa</b>	<b>66,67</b>	<b>100</b>	<b>1,5</b>
<b>K. pneumonia</b>	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>4</b>

La concentration minimale inhibitrice (CMI) la plus faible pour l'extrait aqueux a été observée uniquement avec *K. pneumonia*, à environ 25 mg/ml. Cette valeur est particulièrement remarquable vis-à-vis de cette souche connue en termes de résistance aux antibiotiques.

On peut constater que les trois extraits affectent toutes les souches testées, et que le degré de l'inhibition de leur croissance diffère en fonction de la souche bactérienne testée.

Dans cette étude, nous avons noté que la différence des degrés d'inhibition entre les différents extraits n'était pas associée à la classification Gram-positif et Gram-négatif, ce qui indique que l'effet n'est pas lié à la paroi cellulaire. Les effets antimicrobiens des extraits pourraient être dus à un intercalaire de l'ADN et à un inhibiteur de la synthèse de l'ADN par inhibition de la topoisomérase (**Bouaziz et al., 2016**).

Nous avons enregistré des valeurs de CMB différentes à celles des CMI pour les cinq souches bactériennes. Ces résultats nous laissent déduire que les trois extraits de *H. scoparia* exercent une action Bactériostatique pour toutes les souches à l'exception des souches *E. coli*, *P. aeruginosa* et *K. pneumoniae* pour l'extrait aqueux, et *P. aeruginosa* pour l'extrait hydrométhanolique ou ces derniers exercent une action Bactéricide.

Ces résultats sont en accord avec ceux entrepris par **Nounah et al. (2019)** qui ont trouvé que l'extrait de tige de *Hammada scoparia* est bactéricide pour *E. coli*, *K. pneumoniae*. Mais il n'est que bactériostatique pour *S. aureus* et *S. epidermidis*.

### 5.3 Évaluation de l'activité cicatrisante

#### 5.3.1 Évaluation macroscopique

Les étapes de cicatrisation des plaies par l'extrait aqueux de *H. scoparia* de la station de Chellala sont illustrés dans (**Figure 31**).

L'objectif de ce test était d'évaluer la guérison des plaies en comparant la surface de cette dernière entre les groupes testés sur une période de 14 jours, en utilisant des méthodes d'analyse morphologique (étude planimétrique) et microscopique (histopathologie).

L'évaluation photographique et la mesure régulières de la surface de la plaie a été faite pendant 14 jours. L'évaluation en pourcentage de la fermeture de la plaie pour chaque groupe sont représentées dans la (**Figure 32**).

De plus, il convient de noter qu'aucune mortalité ni aucun signe d'infection des plaies n'ont été observés au cours de l'expérimentation.

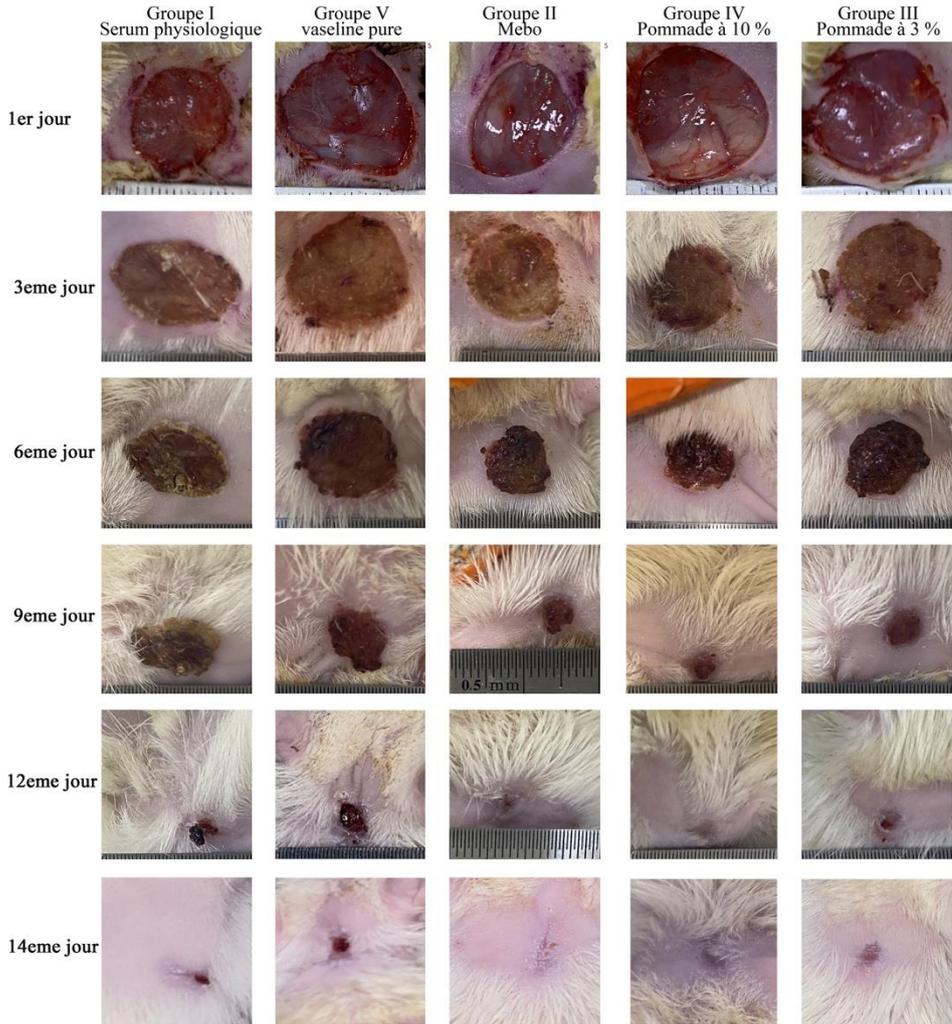
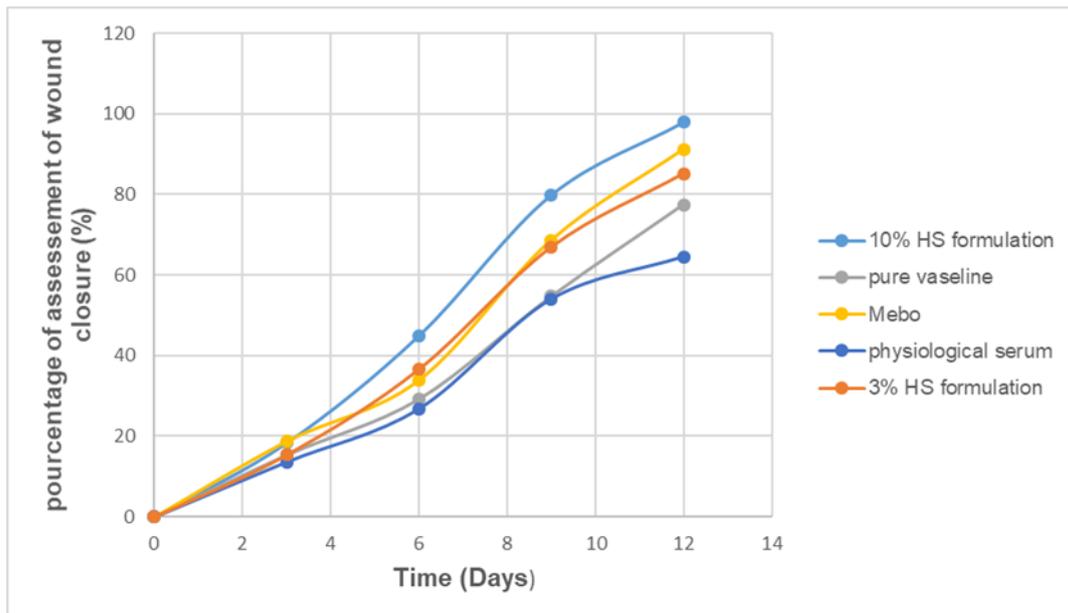


Figure 31 : Observation macroscopique de l'évolution de la surface cicatrisée au fil du temps.



**Figure 32 :** Pourcentage de contraction des zones de la plaie dans les différents groupes étudiés.

Les résultats obtenus nous ont permis de diviser l'évolution de la suture des plaies en deux phases clés pour les groupes étudiés :

Du premier jour au sixième jour après l'excision, il n'y a pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) en ce qui concerne le pourcentage de contraction entre les groupes traités (groupes II, III et IV) et les groupe non traités (groupes I et V). Par exemple, le pourcentage de contraction au troisième jour après l'excision est de  $18,77 \pm 0,68$  dans le groupe II,  $15,38 \pm 1,04$  dans le groupe III,  $18,37 \pm 1,74$  dans le groupe IV,  $13,64 \pm 1,18$  dans le groupe I et  $15,37 \pm 11,04$  dans le groupe V. Au sixième jour, le pourcentage de fermeture des plaies est de  $33,93 \pm 13,92$  dans le groupe II,  $36,59 \pm 3,63$  dans le groupe III,  $44,99 \pm 6,98$  dans le groupe IV,  $26,81 \pm 9,54$  dans le groupe I et  $23,02 \pm 16,43$  dans le groupe V.

À partir du septième jour jusqu'au douzième jour, une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans le pourcentage de contraction des plaies est observée entre les groupes étudiés, le groupe traité par *H. scoparia* montrant un pourcentage de contraction plus élevé que les autres groupes. Par exemple, au neuvième jour, le pourcentage de contraction est de  $68,66 \pm 10,41$  dans le groupe II,  $66,87 \pm 10,46$  dans le groupe III,  $79,89 \pm 6,85$  dans le groupe IV,  $51,51 \pm 18,22$  dans le groupe I et  $60,88 \pm 24,16$  dans le groupe V. L'augmentation du pourcentage de contraction se poursuit jusqu'au douzième jour, avec des valeurs de  $91,21 \pm 4,08$  dans le groupe II,  $85,07 \pm 5,57$  dans le groupe III,  $97,94 \pm 4,60$  dans le groupe IV,  $66,97 \pm 17,96$  dans le groupe I et  $77,44 \pm 6,41$  dans le groupe V.

Ainsi, nous pouvons constater que le nombre de jours nécessaire pour que la surface des plaies diminue à 50% par rapport à sa taille initiale varie d'un groupe à l'autre. Par exemple, dans le groupe ayant reçu la pommade à base de H.s., une réduction de 50% de la surface de la plaie a été observée au 7ème jour, tandis que dans le groupe traité avec la crème Mebo, cette réduction n'a été atteinte qu'au 8ème jour, et dans le groupe non traité (sérum physiologique et vaseline pure), elle a pris 9 jours.

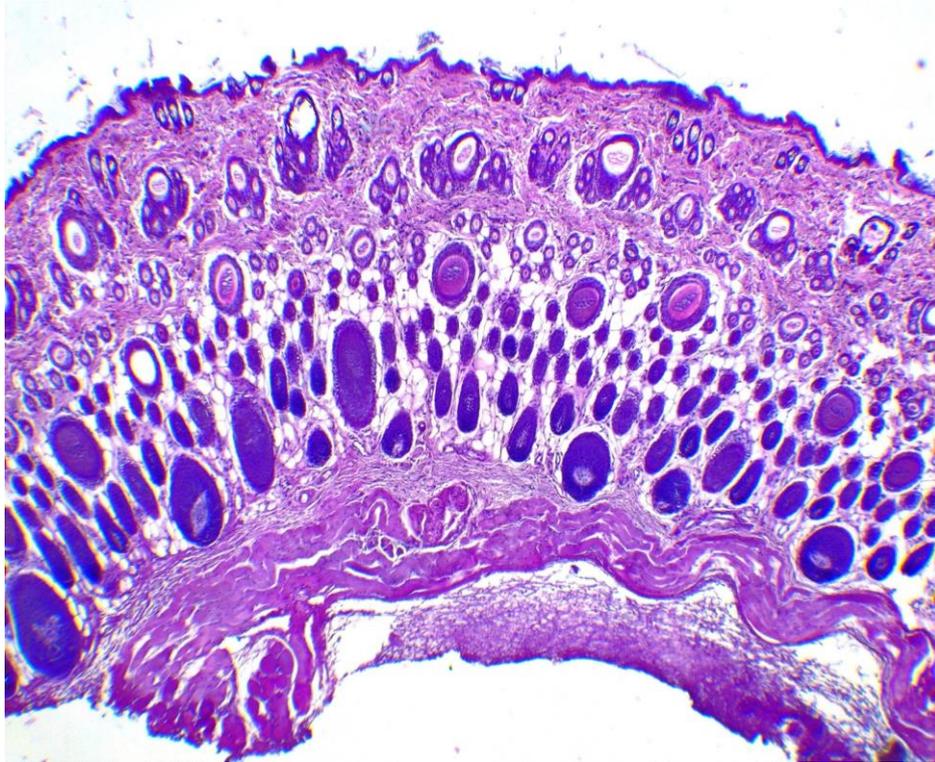
Au dernier jour de l'expérience, la plaie du groupe non traité (sérum physiologique et vaseline pure) était toujours ouverte (**Figure 31**). En revanche, les rats traités avec la pommade à base *H. scoparia* à 10% ont montré une réduction totale de la taille de la plaie en moins de temps que les groupes témoins et une restauration totale des structures cutanées initiales.

La réduction du pourcentage de contraction de la plaie a contribué à la diminution des infections tout en favorisant l'épithétisation ainsi que la multiplication cellulaire (**Ktari et al., 2017**).

Ces résultats ont mis en évidence les pouvoirs de cicatrisation de la formulation à 10 % de *Hammada scoparia* et ont montré comment cette dernière pouvait potentiellement être utilisée pour accélérer la cicatrisation des plaies. Ces observations correspondent aux résultats obtenus par (**Eleroui et al, 2021**). On suppose que les formulations ont créé un environnement dépourvu de micro-organismes, favorisant une récupération rapide de la peau après le traitement grâce à leurs propriétés antioxydantes (**Haida et al, 2020**) et antibactériennes (**Bouaziz et al, 2016**).

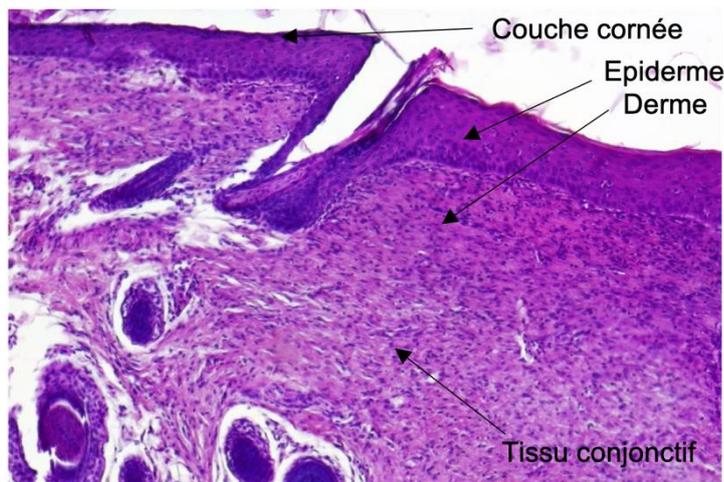
### 5.3.2 Évaluation microscopique

Dans cette étude, une analyse histopathologique a été réalisée dans le but de démontrer les effets bénéfiques de notre extrait au niveau cellulaire.

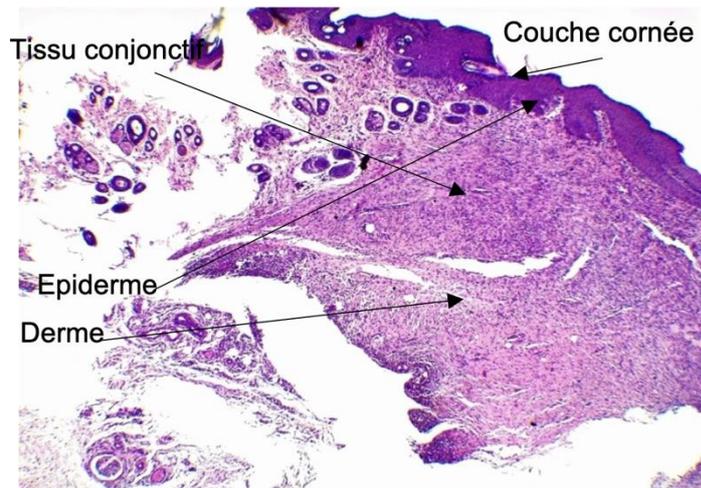


**Figure 33 :** Observation de la composition histologique de la peau saine au microscope photonique (G : 10x).

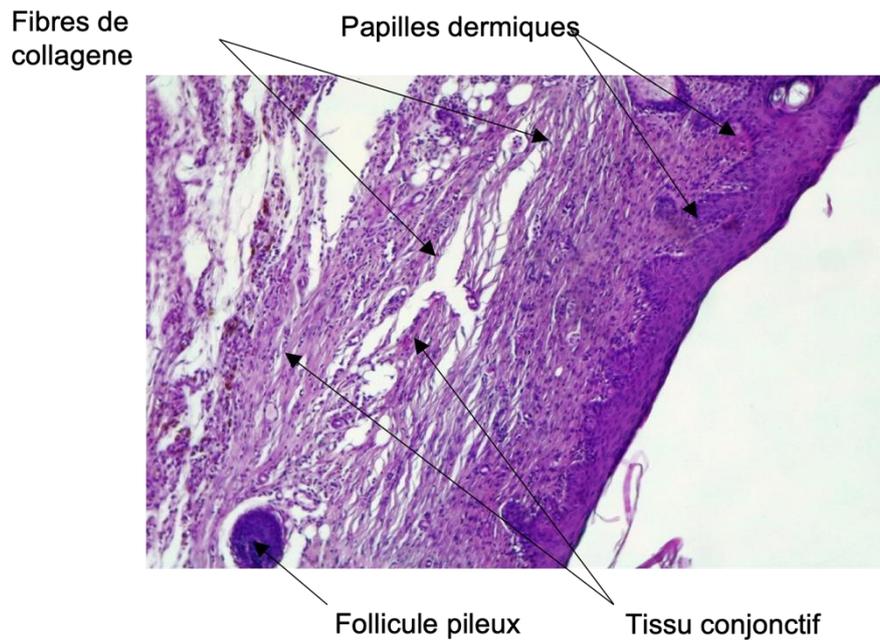
Les coupes histologiques des plaies après le traitement avec différentes crèmes issues des parties excisées chez les rats au 14ème jour, sont présentées dans les **Figures 34, 35, 36, 37, 38.**



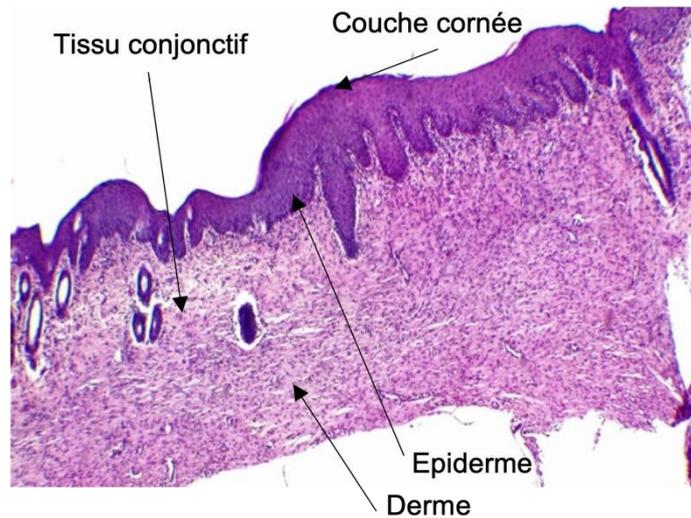
**Figure 34 :** Observation de la composition histologique de la peau traitée par le sérum physiologique observée au microscope photonique (G :10x).



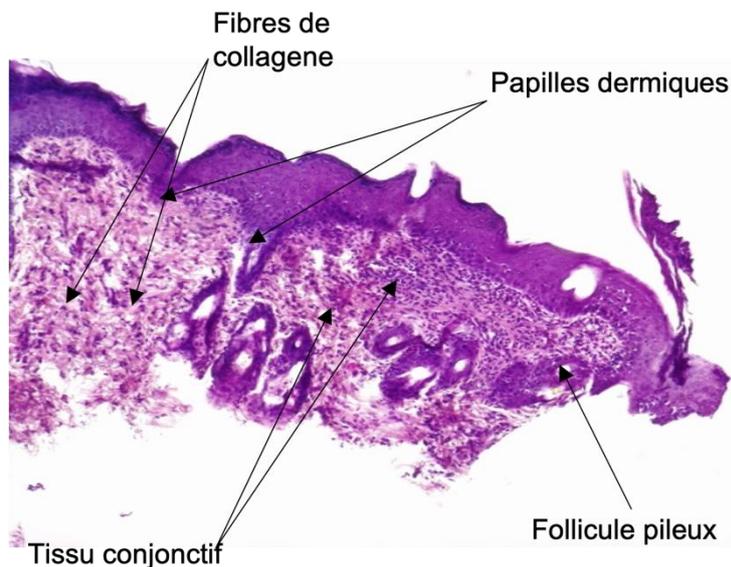
**Figure 35:** Observation de la composition histologique de la peau traitée par la vaseline pure observée au microscope photonique (G :10x).



**Figure 36:** Observation de la composition histologique de la peau traitée par la crème Mebo observée au microscope photonique (G :10x).



**Figure 37:** Observation de la composition histologique de la peau traitée par la pommade Hs à 3% observée au microscope photonique (G :10x).



**Figure 38 :** Observation de la composition histologique de la peau traitée par la pommade Hs à 10% observée au microscope photonique (G :10x).

D'après les photos des coupes histologiques, les plaies traitées avec les pommades à base de *H. scoparia* à 10%, à 3% ainsi que Mebo, présentent un amincissement de l'épiderme et une très bonne reconstitution de ce dernier par la prolifération, la migration et la différenciation des cellules épithéliales. Contrairement aux plaies traitées par le sérum physiologique et la vaseline pure où la ré épithélialisation n'a pas eu lieu et la cicatrisation est moins prononcée. Dans les plaies traitées par la pommade H.s à 10% et la crème de référence, nous remarquons que l'épithélium repose sur le tissu conjonctif en formant des papilles dermiques, ce qui témoigne d'une bonne cohésion entre les deux couches superficielles de la peau. On note également la

présence de tissu conjonctif associée à des améliorations significatives de l'arrangement et du dépôt des fibres de collagène comme les montre les **Figures 36** et **38**, qui soutient la régénération des tissus en favorisant et en accélérant le processus de cicatrisation de la plaie (**Nour et al., 2019**).

Les résultats de cette étude démontrent que l'application de pommade dermatologiques à base de *H. scoparia* favorise une cicatrisation et une régénération accélérées de la peau.

Ces résultats font l'objet d'un article intitulé « PREPARATION OF A NOVEL HAMMADA SCOPARIA OINTMENT AND ASSESSMENT OF ITS IMPACT ON WISTAR RAT CUTANEOUS WOUND HEALING », publiés dans le journal Fresenius Environmental Bulletin, Volume 32– No. 09/2023 pages 3019-3027.

Le pouvoir cicatrisant de *Hammada scoparia* peut être attribué aux différents composés phytochimiques qui le constituent (**Eleroui et al., 2021**).

Les propriétés cicatrisantes des produits naturels se manifestent par le biais de l'un des mécanismes suivants : action antimicrobienne, propriétés anti-inflammatoires, effet antioxydant, promotion de l'angiogenèse, et enfin, stimulation de la synthèse de collagène et de la multiplication cellulaire (**Criollo-Mendoza et al., 2023**).

Les différents constituants de *Hammada scoparia* agissent par divers mécanismes, mettant en jeu des effets antimicrobien et antioxydant, précédemment investigués dans cette étude.

Dans l'étude de **Eleroui et al., (2021)** : Préparation et caractérisation de nouveaux films composites à base de polysaccharides de *Hammada scoparia* et évaluation de leur effet sur la cicatrisation des plaies cutanées chez le rat. Ces auteurs ont rapporté que ces biofilms, a significativement augmenté le taux d'hydroxyproline dans le site de la plaie et a accéléré la fermeture de la plaie et la ré épithélialisation.

La cicatrisation est un processus continu et complexe de réparation des tissus qui débute immédiatement après une blessure. Ce processus physiologique se compose de plusieurs étapes en cascade, qui se chevauchent et peuvent être divisées en quatre phases principales : l'hémostase, l'inflammation, la prolifération cellulaire et le remodelage tissulaire (**Adewumi et Ogunjinmi., 2011**). Ces phases englobent divers processus cellulaires et moléculaires, tels que la migration et la multiplication des cellules épidermiques et des kératinocytes, l'adhérence des fibroblastes et la contraction de la matrice extracellulaire, comme l'ont noté (**Martinotti et Ranzota., 2015**).



*Conclusion*

L'étude que nous avons menée s'inscrit dans le cadre de la valorisation de cette espèce cultivée au sud-ouest Algérien. De ce fait, nous avons identifié sa composition phytochimique en utilisant trois solvants de polarités différentes (éthanol, méthanol à 70 % et l'eau) sur la partie aérienne, et nous avons également étudié ses propriétés pharmacologiques à l'aide de modèles expérimentaux *in vivo* et *in vitro*.

Dans un premier temps, nous avons exploré les potentialités thérapeutiques de la plante *Hammada scoparia*, ce qui nous a incité à aborder une enquête ethnobotanique. Les résultats ont révélé que 57,20 % des femmes interrogées utilisent quotidiennement le Remth pour ses vertus thérapeutiques, par rapport à 42,80 % de la population masculine. L'enquête a également démontré que l'utilisation du Remth est répandue chez toutes les tranches d'âge de la population semi-aride, avec une prédominance chez les personnes âgées de 60 ans et plus, représentant 28,4 %. Cette étude ethnobotanique nous a ainsi fourni une source d'information précieuse sur l'utilisation thérapeutique de cette plante.

En parallèle, dans la seconde partie de l'étude, l'analyse phytochimique par le biais d'un screening a révélé la richesse de la partie aérienne en alcaloïdes, en composés phénoliques notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins condensés et les saponosides.

L'analyse quantitative des polyphénols de *Hammada scoparia* a mis en évidence que le choix du solvant a influencé les concentrations de ces composés. L'extrait hydro-éthanolique a présenté la concentration la plus élevée en polyphénols totaux, tandis que l'extrait aqueux a affiché les concentrations les plus élevées en flavonoïdes et en tanins condensés par rapport aux extraits hydroalcooliques.

Concernant la valorisation de cette plante *in vitro*, l'extrait hydro-éthanolique a présenté la plus forte activité antiradicalaire (test DPPH) avec une IC<sub>50</sub> de 1,4 mg/ml, suivi de près par l'extrait aqueux qui a affiché une IC<sub>50</sub> de 1,86 mg/ml.

Les extraits aqueux, hydro-méthanolique et hydro-éthanolique ont démontré un potentiel antioxydant par le biais du test FRAP, avec des valeurs de 11.91 mg eq AAs/g, 11.76 mg eq AAs/g et 10.69 mg eq AAs/g respectivement.

Les extraits de *Hammada scoparia* étudiés ont montré une efficacité variable contre les souches bactériennes testées, Ils ont démontré une action efficace contre *S. aureus* pour les trois extraits, et contre *K. pneumoniae* et *B. subtilis* pour les extraits hydro-méthanolique et hydro-éthanolique. En revanche, *E. coli* et *P. aeruginosa* ont manifesté une résistance face aux extraits

étudiés. Ainsi, l'efficacité antibactérienne de ces extraits dépend du solvant utilisé, les extraits hydro-éthanolique et hydro-méthanolique présentent une action plus marquée que l'extrait aqueux. Cette propriété antibactérienne pourrait contribuer à atténuer les problèmes liés à la résistance des souches bactériennes aux traitements conventionnels, en proposant l'utilisation de Remth seule ou en combinaison avec d'autres produits naturels.

L'évaluation de l'activité cicatrisante d'une pommade formulée à partir de *Hammada scoparia* provenant de la région de Chellala a démontré un potentiel cicatriciel plus élevé que celui d'une crème commerciale à base de miel, couramment utilisée dans le traitement des plaies. En effet, l'application topique de notre pommade a induit un rétrécissement de la surface de la plaie, atteignant un pourcentage de 97,94% dès le 12<sup>e</sup> jour d'application puis une guérison complète de 100% à partir du 14<sup>e</sup> jour d'expérimentation. Ce taux de rétrécissement est supérieur à celui enregistré avec la pommade cicatrisante commerciale, qui a montré un pourcentage de 91,21% après 12 jours d'application. Nous recommandons la réalisation d'études cliniques approfondies pour une éventuelle valorisation à une échelle industrielle.

Les conclusions tirées des évaluations in vitro et in vivo des extraits de la plante viennent confirmer les résultats issus de l'enquête ethnobotanique quant à leur efficacité dans le traitement des plaies cutanées. Ces résultats constituent une source d'informations extrêmement précieuse en vue de l'intégration de l'espèce dans la flore médicinale nationale.

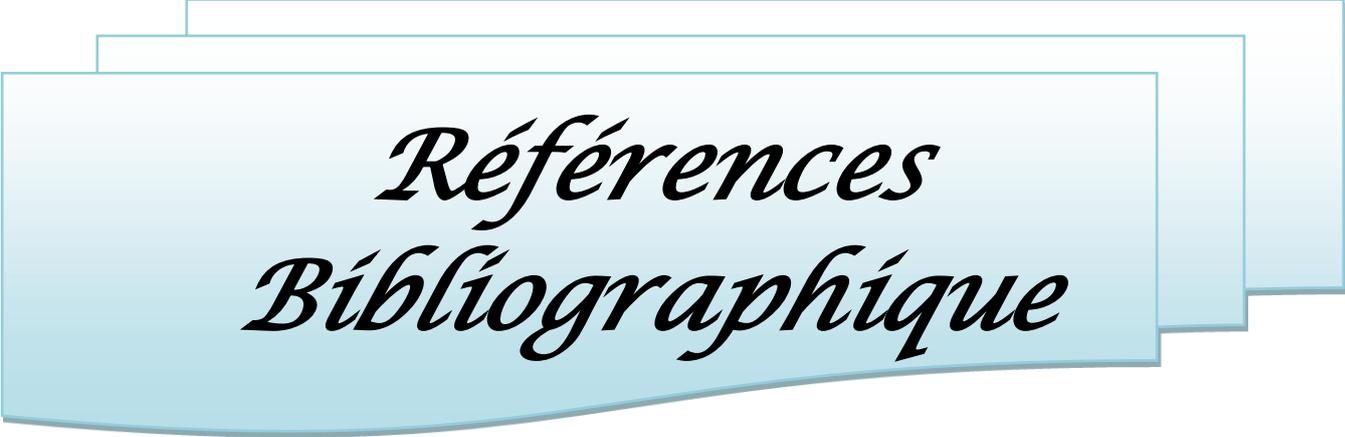
Afin d'optimiser l'exploitation des composés actifs de notre produit, la synergie de Remth avec d'autres agents cicatrisants tels que le miel, la propolis et des plantes médicinales aux propriétés cicatrisantes, nécessite des validations par des études in vitro et in vivo.

Contrairement au miel et propolis, qui connaissent une grande popularité, *Hammada scoparia*, bien que possédant des propriétés cicatrisantes, demeure largement méconnue, ce qui nous pousse à faire une étude plus approfondie afin de lever cet état d'ignorance, et d'oubli de cette fameuse plante du Sahara, qui reste un produit cicatrisant au même degré que le miel et la propolis.

En conclusion, comme perspectives, il serait essentiel de :

- Explorer d'autres activités biologiques telles que l'activité antidiabétique, anticholestérol et anticancéreuse, tout en examinant les effets thérapeutiques de chaque molécule.

- Caractériser les extraits obtenus en procédant à la purification des composés les plus actifs.
- Étaler cette étude à d'autres plantes cicatrisantes afin de valoriser cette richesse naturelle dans le contexte du développement durable.



*Références  
Bibliographique*

## Références Bibliographiques

---

- Abou Baker, D. H. (2022). An ethnopharmacological review on the therapeutical properties of flavonoids and their mechanisms of actions: A comprehensive review based on up to date knowledge. *Toxicology Reports*, 9, 445-469.
- ADEWUMI, A. A. et OGUNJINMI, A. A. The healing potential of honey and propolis lotion on septic wounds. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2011, vol. 1, no 1, p. S55-S57.
- Adhikari, B. (2021). Roles of alkaloids from medicinal plants in the management of diabetes mellitus. *Journal of Chemistry*, 2021, 1-10.
- Adli B- Z., et Yousfi, I. 2001. Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Djelfa, Activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de Pistacia atlantica Desf. Mémoire d'ingénieur d'état. Universitaire de Zian Achour, Djelfa.
- ADOUANI, I., & BOULAACHEB, N. (2022). An Algerian endemic species in danger to disappear due to pandemic, *Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* (Desf.) Letsw. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(6).
- Aeffner F., Adissu H.A., Boyle M.C., Cardiff R.D., Hagendorn E., Hoenerhoff M.J., Klopffleisch R., Newbigging S., Schaudien D., Turner O., Kristin W. Digital Microscopy, Image Analysis, and Virtual Slide Repository. *ILAR Journal* 20181-14.
- Akram, M., Rashid, A., Zainab, R., Laila, U., Khalil, M. T., Anwar, H., ... & Riaz, M. (2023). Application and Research of Natural Products in Modern Medical Treatment. *J Mod Pharmacol Pathol*, 1(7), 2.
- Akyeva, A. Y., Kansuzyan, A. V., Vukich, K. S., Kuhn, L., Saverina, E. A., Minyaev, M. E., ... & Syroeshkin, M. A. (2022). Remote Stereoelectronic Effects in Pyrrolidone-and Caprolactam-Substituted Phenols: Discrepancies in Antioxidant Properties Evaluated by Electrochemical Oxidation and H-Atom Transfer Reactivity. *The Journal of Organic Chemistry*, 87(8), 5371-5384.
- Alamat, Florist. (2022). Medicinal Plants and Drug Discovery. In *Therapeutic Use of Plant Secondary Metabolites*. Bentham Science Publishers. Sabiu, S. (29):21-49.
- Alvarez, M. A., & Alvarez, M. A. (2014). Plants for Health: From Secondary Metabolites to Molecular Farming. *Plant Biotechnology for Health: From Secondary Metabolites to Molecular Farming*, 1-2.
- Amils, R. (2015). Gram-positive bacteria. *Encyclopedia of Astrobiology*, 1160.

## Références Bibliographiques

---

- AMLAN K., PATRA J.S., 2010- A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*. 71 : 1198–1222.
- Amouzoun, L., Agbonon, A., Eklou-Gadegbeku, K., Aklikokou, K., and Gbéassor, M. (2008). Activités antipyrétique et anti-inflammatoire d'extraits hydro-alcooliques des racines et feuilles de *Nauclea latifolia* Smith (Rubiaceae) chez le rat Wistar. *Phytothérapie* 6, 228-231.
- Anna, M, M. (2022). Plant Use. *Oxford Research Encyclopedia of Anthropology*.
- Ansari, M. K. A., Iqbal, M., Chaachouay, N., Ansari, A. A., & Owens, G. (2023). The Concept and Status of Medicinal and Aromatic Plants. *Plants as Medicine and Aromatics: Pharmacognosy, Ecology and Conservation*, 129.
- Ayachi, L., Benaboud, H., & Hadjab, R. (2020). Biodiversité et distribution des Amphipodes épigées dans deux régions semi-aride du Nord-est algérien Khanchela et Batna.
- Ayoola, G., Coker, H., Adesegun, S., Adepoju-Bello, A., Obaweya, K., Ezennia, E. C., and Atangbayila, T. (2008). Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in Southwestern Nigeria. *Tropical journal of pharmaceutical research* 7, 1019-1024.
- Azab, A. (2023). Top Edible Wild Plants of Eastern Mediterranean Region. Part I: Anticancer Activity. *European Journal of Medicinal Plants*, 34(6), 29-51.
- Badri, S., Basu, V. R., Chandra, K., & Anasuya, D. (2019). A review on pharmacological activities of alkaloids. *World Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research*, 230-234.
- BAQUERO, Fernando, COQUE, Teresa M., et MARTÍNEZ, José-Luis. Natural detoxification of antibiotics in the environment: A one health perspective. *Frontiers in Microbiology*, 2022, vol. 13, p. 1062399.
- Basli, A., Chibane, M., Madani, K., and Oukil, N. (2012). Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie: *Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie* 10, 2-9.
- Beebe, S. (2023). Herbal Medicine—Origins and Major Systems of Herbal Therapy with Selected Evidence-based Interventions. *Integrative Veterinary Medicine*, 71-78.
- Bekhaled, I. (2021). Intérêt des dosages sériques et urinaires dans le diagnostic et le suivi du myélome multiple et évaluation de l'activité anti-myéломateuse du pissenlit

## Références Bibliographiques

---

(*Taraxacum Officinale*) chez le rat wistar. Thèse de doctorat. Université Djilali Liabés de Sidi Bel Abbès.

- Bekro, Y.-A., Mamyrbekova, J., Boua, B. B., Bi, F. T., and Ehile, E. E. (2007). Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpiniaceae). *Sciences & nature* 4, 217-225.
- Benamara, R. N., Hadjadj, K., Righi, K., & Benarba, B. (2022). Spontaneous medicinal plants used by the population of Ain Sefra province (Southwest Algeria): An ethnobotanical study. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 12(6).
- Benkherara, S., Bordjiba, O., Harrat, S., & Djahra, A. B. (2021). Antidiabetic potential and chemical constituents of *Haloxylon scoparium* aerial part, an endemic plant from Southeastern Algeria. *International Journal of Secondary Metabolite*, 8(4), 398-413.
- Benzie, I. F., and Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry* 239, 70-76.
- Bharadwaj, A., Rastogi, A., Pandey, S., Gupta, S., & Sohal, J. S. (2022). Multidrug-Resistant Bacteria: Their mechanism of action and prophylaxis. *BioMed research international*, 2022.
- Bianchi, S. E., Frank, L. A., Alves, I. A., & Serafini, M. R. (2022). Drug Discovery from Natural Products: An Approach Using Recent Patents. In *Nanophytomedicine* (pp. 1-14). CRC Press.
- Boakye, Y. D., Agyare, C., Ayande, G. P., Titiloye, N., Asiamah, E. A., & Danquah, K. O. (2018). Assessment of wound-healing properties of medicinal plants: The case of *Phyllanthus muellerianus*. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 945.
- Bokelmann, J. M. (2021). *Medicinal Herbs in Primary Care-E-Book: An Evidence-Guided Reference for Healthcare Providers*. Elsevier Health Sciences.
- Bolmström, A. (1994). Determinations of minimum bactericidal concentrations, kill curves, and postantibiotic effects with the Etest technology. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 19(3), 187-195.
- BOUAFIA, Miloud, AMAMOU, Fouzia, GHERIB, Mohamed, et al. Ethnobotanical and ethnomedicinal analysis of wild medicinal plants traditionally used in Naâma, southwest Algeria. *Vegetos*, 2021, vol. 34, p. 654-662.

## Références Bibliographiques

---

- Bouaziz, A., Mhalla, D., Zouari, I., Jlaiel, L., Tounsi, S., Jarraya, R., & Trigui, M. (2016). Antibacterial and antioxidant activities of Hammada scoparia extracts and its major purified alkaloids. *South African Journal of Botany*, 105, 89-96.
- BOUCHERITA, H. Ethnobotanical study of Hammada scoparia (Pomel) Iljin in the region of Naâma (south-western Algeria). *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2018, vol. 4, no 2, p. 66-75.
- BOUHAOUS, L. (2022). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques plantes Utilisées contre le cancer dans la phytothérapie traditionnelle en Algérie. Thèse de doctorat. Université IBN KHALDOUN Tiaret.
- Boulaamane, Y., Kandpal, P., Chandra, A., Britel, M. R., & Maurady, A. (2023). Chemical library design, QSAR modeling and molecular dynamics simulations of naturally occurring coumarins as dual inhibitors of MAO-B and AChE. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1-18.
- BOULANOUAR, Bakchiche, ABDELAZIZ, Gherib, AAZZA, Smail, et al. Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. *Industrial Crops and Products*, 2013, vol. 46, p. 85-96.
- Bouzid, k. (2014). Contribution à l'étude des options de valorisation de l'espèce *Arbutus unedo* L. dans l'Ouest Algérien, Thèse de Doctorat 3eme Cycle, Université Djilali Liabès de Sidi Bel Abbés.
- Brain, K. R., and Turner, T. D. (1975). The practical evaluation of phytopharmaceuticals. Wright Scientectica Publishers, Bristo: p 57-58.
- Braz I., et Mohamed-Hanchour F. 2018. Etude phytochimique et activité antibactérienne de quatre plantes sahariennes (*Artemisa herba helba*, *Haloxylon scoparium*, *Peganum harmala* et *Zygophyllum album*). Mémoire de master. Université d'Abdel Hamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.
- Canga, I. L. V., Vita, P., de Pinho, C. M. L., & González, M. Á. C. (2022). Ethnopharmacological study of medicinal plants from the province of Cuanza Norte (Angola). *Revista Contexto & Saúde*, 22(46), e13336-e13336.
- Caroline, CASTAN. (2016). La levure de bière : un champignon aux multiples bienfaits pour la santé et la beauté. Thèse de doctorat. UNIVERSITE DE MONTPELLIER.
- Cesa, S., Cairone, F., & De Monte, C. (2022). Polyphenols and Flavonoids. *Flavonoids and Phenolics*, 1, 1-26.

## Références Bibliographiques

---

- Chang, H., Chen, J., Ding, K., Cheng, T., & Tang, S. (2023). Highly expressed lncRNA FOXD2-AS1 in adipose mesenchymal stem cell derived exosomes affects HaCaT cells via regulating miR-185-5p/ROCK2 axis. *Adipocyte*, 12(1), 2173513.
- Chao, H.C., Najjaa, H., Villareal, M.O., Ksouri, R., Han, J., Neffati, M., & Isoda, H. (2013). *Arthrophytum scoparium* inhibits melanogenesis through the downregulation of tyrosinase and melanogenic gene expressions in B16 melanoma cells. *Experimental Dermatology*, 22(2), 131–136.
- Commandre, J. M., & Leboeuf, A. (2015). Volatile yields and solid grindability after torrefaction of various biomass types. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 34(4), 1180-1186.
- Criollo-Mendoza, M. S., Contreras-Angulo, L. A., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Jiménez-Ortega, L. A., & Heredia, J. B. (2023). Wound healing properties of natural products: Mechanisms of action. *Molecules*, 28(2), 598.
- Czaplínska, M., Czepas, J., & Gwoździński, K. (2012). Structure, antioxidative and anticancer properties of flavonoids. *Postepy biochemii*, 58(3), 235-244.
- DJAHRA, Ali Boutlelis, BENKADDOUR, Mounia, BENKHERARA, Salah, et al. Evaluation of total phenolic contents and antioxidant potentials of ten medicinal plants from Algerian Sahara. 2018.
- Drioichea, A., Benhlima, N., Kharchoufa, S., El-Makhoukhi, F., Mehanned, S., Adadi, I., & Zaira, T. (2019). Antimicrobial and antiradical properties of Hammada scoparia (POMEL) iljin. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 16(2), 1-14.
- Du, H., Wang, Y., Haensel, D., Lee, B., Dai, X., & Nie, Q. (2018). Multiscale modeling of layer formation in epidermis. *PLoS computational biology*, 14(2), e1006006.
- Dubey, P., & Pandey, K. B. (2023). Neurotransmitter Modulation by Phytochemicals. *Phytochemical Drug Discovery for Central Nervous System Disorders: Biochemistry and Therapeutic Effects*, 311-325.
- Eddine, T. N., Eddine, G. N., Eddine, L., Serra, K., & Ferid, L. Antimicrobial and Antioxidant Properties of Phenolic Extracts from Haloxylon articulatum Bioss Growth in Oued Souf–Algeria (2017).
- Eddouks, M., Maghrani, M., Lemhadri, A., Ouahidi, M.L., & Jouad, H. (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes

## Références Bibliographiques

---

- mellitus, hypertension and cardiac diseases in the south-east region of Morocco (Tafilalet). *Journal of Ethnopharmacology*, 82, 97–103.
- Édouard, Boulos Loutfy, & Vela Errol. (2010). Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie (Djemali M'naouer, Ed.; 2nd ed.). Banque Nationale de Gènes, pp 500 .
  - El-Hadri, Y. (2019). Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Beni Mellal-Khenifra [Thèse de Doctorat]. Université Mohammed V de Rabat, pp 194.
  - El-Shazly, A., Wink, M., 2003. Tetrahydroisoquinoline and b-Carboline Alkaloids from *Haloxylon articulatum* (Cav.) Bunge (Chenopodiaceae). *Z. Fur Naturforschung C* .58 : 477–480.
  - Eleroui, M., Feki, A., Hamzaoui, A., Kammoun, I., Bouhamed, M., Boudawara, O., ... & Amara, I. B. (2021). Preparation and characterization of a novel hamada scoparia polysaccharide composite films and evaluation of their effect on cutaneous wound healing in rat. *International Journal of Pharmaceutics*, 608, 121056.
  - Ernest, D. J. O. K. O., Yimta, F. O. U. T. S. E., Stéphanie, M. K., & Théophile, D. I. M. O. (2019). Activité cicatrisante d'une pommade à base des feuilles de *Kalanchoe crenata* (Andr.) Haw chez le rat. (Wound scarring of a kalanchoe crenata leaves ointment).
  - Evans, W. (1989). *Trease and Evans Pharmacognosy* Bailliere Tindall. London, 216-217.
  - FIKRI, H. I., FECHTALI, T., Timinouni, M., ZOUHEIR, Y., & MAMOUMI, M. (2020). Structure activity modeling of essential oils compounds and plant secondary metabolites: a Mini review of Antimicrobial Activity. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 6(1), 85-91.
  - Fischer, G., Malesevic, M., Erdmann, F., Kühling, J., Bukrinsky, M. I., & Constant, S. (2012). *U.S. Patent Application No. 13/132,695.*, G., Malesevic, M., Erdmann, F., Kühling, J., Bukrinsky, M. I., & Constant, S. (2012). *U.S. Patent Application No. 13/132,695.*
  - Flores-Morales, V., Villasana-Ruíz, A. P., Garza-Veloz, I., González-Delgado, S., & Martinez-Fierro, M. L. (2023). Therapeutic effects of coumarins with different substitution patterns. *Molecules*, 28(5), 2413.

## Références Bibliographiques

---

- Foley G.L. Mechanisms of male reproductive organ toxicity. *toxicologic pathology* 2001 29(1):49-63.
- Frykberg Robert, G. (2015). Challenges in the treatment of chronic wounds. *Advances in wound care*.
- Fujihara, H., Hirose, J., & Suenaga, H. (2023). Evolution of genetic architecture and gene regulation in biphenyl/PCB-degrading bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1168246.
- Gachkar, L., Yadegari, D., Rezaei, M. B., Taghizadeh, M., Astaneh, S. A., and Rasooli, I. (2007). Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food chemistry* 102, 898-904.
- Gălăţanu, M. L., Panţuroiu, M., & Sandulovici, R. C. (2022). Flavonoids: Bioactive Compounds With Anti-Cancer Properties. In *Handbook of Research on Natural Products and Their Bioactive Compounds as Cancer Therapeutics* (pp. 297-318). IGI Global.
- Gaschler, M. M., & Stockwell, B. R. (2017). Lipid peroxidation in cell death. *Biochemical and biophysical research communications*, 482(3), 419-425.
- Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M., Bousselsela, H., and Oueld-Mokhtar, S. (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie* 13, 118-129.
- Ghrabi, Z. (2005) *A guide to medicinal plants in North Africa*. Malaga, Spain : IUCN, p 133.
- Gori, A., Boucherle, B., Rey, A., Rome, M., Fuzzati, N., & Peuchmaur, M. (2021). Development of an innovative maceration technique to optimize extraction and phase partition of natural products. *Fitoterapia*, 148, 104798.
- Grasel, F., Ferrão, M. F., & Wolf, C. R. (2016). Development of methodology for identification the nature of the polyphenolic extracts by FTIR associated with multivariate analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 153, 94-101.
- Gupta, P., Kour, J., Bakshi, M., & Kalsi, R. (2022). Flavonoids. In *Nutraceuticals and health care* (pp. 105-113). Academic Press.
- Haida, S., & Kribii, A. (2020). Chemical composition, phenolic content and antioxidant capacity of *Haloxylon scoparium* extracts. *South African Journal of Botany*, 131, 151-160.

## Références Bibliographiques

---

- Haida, S., Kribii, A., Daoud, N. A., Belakhmima, R. A., & Kribii, A. (2022). Antioxidant activity of Haloxylon scoparium alkaloid extracts from Figuig region (southeastern of Morocco). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58.
- Hamid, S., Yattoo, A. M., Mir, M. Y., Ali, S., & Mohamed, H. I. (2023). Historical Perspective of Plant Phenolics. In *Plant Phenolics in Abiotic Stress Management* (pp. 1-22). Singapore : Springer Nature Singapore.
- Harris, M., Fasolino, T., Ivankovic, D., Davis, N. J., & Brownlee, N. (2023). Genetic Factors That Contribute to Antibiotic Resistance through Intrinsic and Acquired Bacterial Genes in Urinary Tract Infections. *Microorganisms*, 11(6), 1407.
- Hemmami, H., Seghir, B. B., Zeghoud, S., Ben Amor, I., Kouadri, I., Rebiai, A., ... & Atanassova, M. (2023). Desert Endemic Plants in Algeria: A Review on Traditional Uses, Phytochemistry, Polyphenolic Compounds and Pharmacological Activities. *Molecules*, 28(4), 1834.
- Hidayat, S., Subositi, D., Batubara, I., Munawaroh, E., Afandi, S., & Cahyaningsih, R. (2023). Scientific Databases for Conservation of Medicinal Plants. In *Medicinal Plants: Biodiversity, Biotechnology and Conservation* (pp. 265-287). Singapore : Springer Nature Singapore.
- Hu, N., Wang, C., Wang, B., Wang, L., Huang, J., Wang, J., & Li, C. (2022). Qianghuo Shengshi decoction exerts anti-inflammatory and analgesic via MAPKs/CREB signaling pathway. *Journal of Ethnopharmacology*, 284, 114776.
- Ismael, R. N., Mustafa, Y. F., & Al-Qazaz, H. K. (2022). Coumarin-based products: Their biodiversity and pharmacology. *Iraqi Journal of Pharmacy*, 18(2), 162-179.
- Jadimurthy, R., Jagadish, S., Nayak, S. C., Kumar, S., Mohan, C. D., & Rangappa, K. S. (2023). Phytochemicals as invaluable sources of potent antimicrobial agents to combat antibiotic resistance. *Life*, 13(4), 948.
- Janakat, S. M., Al-Fakhiri, S. M., and Sallal, A. (2005). Evaluation of antibacterial activity of aqueous and methanolic extracts of the truffle *Terfezia claveryi* against *Pseudomonas aeruginosa*. *Saudi Medical Journal* 26, 952-955.
- Jawaid Akram, W. A., & Azmat, R. (2021). Plants as a natural resource of bioactive compounds for drug formulation to control infectious diseases.
- Johnny, A. K., & Venkitanarayanan, K. (2012). Microbiology terms applied to food safety. In *Microbial Food Safety-An Introduction*. Springer Science.

## Références Bibliographiques

---

- Jubair, N., Rajagopal, M., Chinnappan, S., Abdullah, N. B., & Fatima, A. (2021). Review on the antibacterial mechanism of plant-derived compounds against multidrug-resistant bacteria (MDR). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2021*.
- Julkunen-Titto, R. (1985). Phenolic constituents in the levels of northern willows: methods for precursors of clarified apple juice sediment. *J food sci 33*, 254-257.
- Kaddour, S. M., Zerargui, F., Arrar, L., & Baghiani, A. (2019). ACUTE, SUB-ACUTE AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF ARTHROPHYTUM SCOPARIUM AERIAL PARTS.
- KAMRA D.N., AGARWAL N., CHAUDHARY L.C., 2006- Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. *International Congress Series. 1293 : 156–163*.
- Kanoun, K. (2014). Etude de l'activité antibactérienne et antifongique des extraits végétaux bruts de *Punica granatum* vis-à-vis de certaines souches bactériennes résistantes aux antibiotiques et antifongiques. Thèse de doctorat. Université Djilali Liabés de Sidi Bel Abbès.
- Karadag, A., Ozcelik, B., and Saner, S. (2009). Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food analytical methods 2*, 41-60.
- Karous, O., Yousfi Aichi, H., ben Haj Jilani, I., & Ghrabi-gammar, Z. (2020). Volatiles profiling, phytotoxic activity, and antioxidant potentiality of Hammada scoparia (Pomel) Iljin extracts from southern Tunisia. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, 70(3)*, 4290–4298.
- Katara, K., Chaudhari, K., Pandya, H., & Maitreya, B. (2023). THE REVIEW ON ETHNO-BOTANICAL CONCEPT, HISTORY AND TRADITIONAL KNOWLEDGE OF INDIGENOUS COMMUNITIES OF INDIA AND ITS THREATS. *International Association of Biologicals and Computational Digest, 2(1)*, 71-74.
- Katrilaka, C., Karipidou, N., Petrou, N., Manglaris, C., Katrilakas, G., Tzavellas, A. N., ... & Aggeli, A. (2023). Freeze-Drying Process for the Fabrication of Collagen-Based Sponges as Medical Devices in Biomedical Engineering. *Materials, 16(12)*, 4425.
- KECHAR, Kheira, et al. Etude ethnobotanique et phytochimique de *Ballota hirsuta* Benth du mont de Tessala (Sidi Bel'Abbes). 2016. Thèse de doctorat.

## Références Bibliographiques

---

- Kenny, L., Baker, P. N., & Cunningham, F. G. (2009). Platelets, coagulation, and the liver. *Chesley's Hypertensive Disorders in Pregnancy*, 335-351.
- KHENAKA K. 2011- Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogénèse ruminale chez l'ovin. Université Mentouri. Constantine. P81.
- KHITRI, Walid, LACHGUEUR, Nassima, TASFAOUT, Abdessamed, et al. Plantes antilithiasiques utilisées en médecine traditionnelle dans la ville d'Oran, Algérie. Approche ethnobotanique et phytochimique. *Revue d'ethnoécologie*, 2016, no 9.
- Koltover, V. K., & Skipa, T. A. (2023). Antioxidant pharmacology. In *Anti-Aging Pharmacology* (pp. 341-365). Academic Press.
- Kregiel, D., Berlowska, J., Witonska, I., Antolak, H., Proestos, C., Babic, M., ... & Zhang, B. (2017). Saponin-based, biological-active surfactants from plants. *Application and characterization of surfactants*, 6(1), 184-205.
- Kroa, E., Soumahoro, A., Kouamé, B. Y., Tiembre, I., & Yobouet, M. K. (2022). Antimalarial and antianemic medicinal plants used by traditional medicine practitioners and the populations of the Korhogo 1 health district (Poro Region, Ivory Coast). *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 19(1), 154-171.
- KTARI, Naourez, TRABELSI, Imen, BARDAA, Sana, et al. Antioxidant and hemolytic activities, and effects in rat cutaneous wound healing of a novel polysaccharide from fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, vol. 95, p. 625-634.
- Kumar, S., Bansal, P., Gupta, V., Sannd, R., and Rao, M. (2010). The clinical effect of *Albizia lebbek* stem bark decoction on bronchial asthma. *Int J Pharm Sci Drug Res* 2, 48-50.
- Kurhekar, J. V. (2021). Ancient and modern practices in phytomedicine. In *Preparation of Phytopharmaceuticals for the Management of Disorders* (pp. 55-75). Academic Press.
- Kusumo, D. W., Sulistiyowati, E. L., Rohmah, H., & Melinda, N. A. (2023). ARTICLES REVIEW: Ethno-Pharmaceutical Study of Medicinal Plants for Care and Treatment of Wounds in Indonesia: Systematic Data Search and Preclinical Review. *Jurnal Jamu Indonesia*, 8(1), 1-9.
- LACHKAR, Nacima, LAMCHOURI, Fatima, BOUABID, Khadija, et al. Mineral composition, phenolic content, and in vitro antidiabetic and antioxidant properties of

## Références Bibliographiques

---

- aqueous and organic extracts of *Haloxylon scoparium* aerial parts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, vol. 2021.
- Laghezza Masci, V., Bernardini, S., Modesti, L., Ovidi, E., & Tiezzi, A. (2019). Medicinal plants as a source of alkaloids. *Medically Important Plant Biomes: Source of Secondary Metabolites*, 85-113.
  - LAHSISSENE, Hafla, KAHOUADJI, Azzeddine, HSEINI, S., et al. Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental). *Lejeunia, revue de botanique*, 2009.
  - Lakhdari, W., Dehliz, A., Acheuk, F., Mlik, R., Hammi, H., Doumandji-Mitiche, B., & Chergui, S. (2016). Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 4(2), pp. 204–211.
  - Lall, S. (2019). Preparing Herbal Formulations through Indigenous and Modern Methods: An Experimental Study. *INFORMATION TECHNOLOGY IN INDUSTRY*, 7(2).
  - Lanzkowsky, Philip (2011). Chapter 13 - Hemostatic Disorders, dans *Manual of Pediatric Hematology and Oncology (Fifth Edition)*. Pages 378-418.
  - Leonellis, C., Bill, T. (2023). Microbiology in the modern era. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering*, vol 10, 2.
  - Lonati, E. (2013). Plants from abroad: botanical terminology in 18th-century British encyclopaedias. *Altre Modernità: Rivista di studi letterari e culturali*, (10), 20-38.
  - Losada-Barreiro, S., Sezgin-Bayindir, Z., Paiva-Martins, F., & Bravo-Díaz, C. (2022). Biochemistry of antioxidants: Mechanisms and pharmaceutical applications. *Biomedicines*, 10(12), 3051.
  - Luo, Juan. (2015). Poultice for treating allergic dermatitis and festering infection and preparation method of poultice.
  - Lykke A.M., Kristensen M.K. & Ganaba S. (2004). Valuation of the local dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1961-1990.
  - Macheix, J.J. Fleuriot, A. Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Edition Lausame Italie: p 185.
  - Malec, L.S., Pomilio, A.B. (2003). Herbivory effects on the chemical constituents of *Bromuspictus*, *Molecular Medicinal Chemistry*.1, 30-38.

## Références Bibliographiques

---

- Mandal, A., Hazra, B., Prajapati, V. K., & Moundipa, P. F. (2022). Plant products for antiviral therapeutics. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1039183.
- Mannan, M. A. U., & Kumar, G. (Eds.). (2023). *Current Trends in the Identification and Development of Antimicrobial Agents*. Bentham Science Publishers.
- MARTINOTTI, Simona et RANZATO, Elia. Propolis: a new frontier for wound healing?. *Burns & trauma*, 2015, vol. 3, no 1, p. 1-7.
- Martinvalet, D., & Walch, M. (2022). The Role of Reactive Oxygen Species in Protective Immunity. *Frontiers in Immunology*, 12, 832946.
- Matole, V., Thorat, Y., Ghurghure, S., Ingle, S., Birajdar, A., Nangare, G., ... & Sakhare, A. (2021). A brief review on herbal medicines. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 13(2), 101-102.
- Meara, JG., Guo, L., Smith, JD., Pribaz, JJ., Breuing, KH., Orgil, DP. (1999). Vacuum-assisted closure in the treatment of degloving injuries. *Ann Plast Surg*; 42. pp589-594.
- MECHERI, N. et ZEGHABI, K. Evaluation biologique et l'effet de séchage sur la caractérisation des métabolites secondaires des extraits issus de quelques plantes spontanées Médicinales. Mémoire de master en biotechnologie végétale. Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015.
- MERIEM, Elkolli et HAYET, Elkolli. Are the plants used in Algerian traditional medicine effective?: Assessment of the antibacterial, anti-inflammatory and anti-oxidative effects of three plants used in Algerian traditional medicine; *Olea europaea*, *Glycyrrhiza glabra* and *Ocimum basilicum*. *Medical Technologies Journal*, 2019, vol. 3, no 3, p. 443-452.
- Messaouda, A. L. L. A. O. U. I., Abdelkrim, C. H. E. R. I. T. I., Elyacout, C. H. E. B. O. U. A. T., Belkhir, D. A. D. A. M. O. U. S. S. A., & Nouredine, G. H. E. R. R. A. F. (2016). Comparative study of the antioxidant activity and phenols and flavonoids contents of the ethyl acetate extracts from two Saharan chenopodacea: *Haloxylon scoparium* and *Traganum nudatum*.
- Miara, M. D., Bendif, H., Hammou, M. A., & Teixidor-Toneu, I. (2018). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by nomadic peoples in the Algerian steppe. *Journal of ethnopharmacology*, 219, 248-256.
- Miraldi, E., & Bainsi, G. (2018). Medicinal plants and health in human history: From empirical use to modern phytotherapy. *Journal of the Siena Academy of Sciences*, 10(1).

## Références Bibliographiques

---

- Mohammadi Z. 2013. Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la région Nord et Sud-Ouest de l'Algérie. Thèse de Doctorat. Université d'Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn J sci technol* 26, 211-219.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn J sci technol* 26, 211-219.
- Mouellet, M. (2005). Screening phytochimique de deux espèces de plantes : *Crotalaria retusa* (Papilionaceae) et *Halimolobos ciliata* Aubrev & Pellegr. (Rubiaceae) récoltées au Gabon - thèse de doctorat. Université de BAMAKO. MALI.
- Nair, B. R., Perera, K., & Sreeshma, L. S. (2023). Modern Ethnobotany and the Development of Drug Leads. In *Conservation and Sustainable Utilization of Bioresources* (pp. 505-529). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Natarajan, S., Williamson, D., Stiltz, A. J., & Harding, K. (2000). Advances in wound care and healing technology. *American journal of clinical dermatology*, 1, 269-275.
- Nikam, V. S. (Ed.). (2023). *Natural Immunomodulators: Promising Therapy for Disease Management*. Bentham Science Publishers.
- NOUNAH, Issmail, HAJIB, Ahmed, OUBIHI, Asmae, et al. Phytochemical screening and biological activity of leaves and stems extract of *hammada scoparia*. *Moroccan Journal of Chemistry*, 2019, vol. 7, no 1, p. 7-1 (2019) 001-009.
- Nour, S., Baheiraei, N., Imani, R., Khodaei, M., Alizadeh, A., Rabiee, N., & Moazzeni, S. M. (2019). A review of accelerated wound healing approaches: biomaterial-assisted tissue remodeling. *Journal of Materials Science : Materials in Medicine*, 30, 1-15.
- Ojha, S., Yadav, S., Aggarwal, B., Gupta, S. K., & Mishra, S. (2023). Considering the Conception of Nanotechnology Integrated on Herbal Formulation for the Management of Cancer. *Letters in Drug Design & Discovery*, 20(10), 1437-1457.
- OLCHOWIK-GRABAREK, Ewa, SĘKOWSKI, Szymon, KWIAŁTEK, Agnieszka, et al. The Structural Changes in the Membranes of *Staphylococcus aureus* Caused by Hydrolysable Tannins Witness Their Antibacterial Activity. *Membranes*, 2022, vol. 12, no 11, p. 1124.

## Références Bibliographiques

---

- Otmani F. 2015. Étude de l'activité antioxydante des huiles essentielles d'*Haloxylon scoparium* (pomel) de la région de Naâma. Mémoire de master. Université d'Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- Pagliaro, M., Albanese, L., Scurria, A., Zabini, F., Meneguzzo, F., & Ciriminna, R. (2021). Tannin: a new insight into a key product for the bioeconomy in forest regions. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 15(4), 973-979.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47.
- Peerzada, S., Khan, M. T., Akhtar, M. F., Saleem, A., Hamid, I., Akhtar, B., ... & Raza, M. (2020). Phytochemical, anti-inflammatory, anti-nociceptive and cytotoxic basis for the use of *Haloxylon stocksii*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 33(S 2), 887-894.
- Perez, C., & Soderholm, S. C. (1991). Some chemicals requiring special consideration when deciding whether to sample the particle, vapor, or both phases of an atmosphere. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 6(10), 859-864.
- Phillips, O., & Gentry, A. H. (1993). The useful plants of Tambopata, Peru: I. Statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. *Economic Botany*, 15-32.
- Ponce, A., Fritz, R., Del Valle, C., and Roura, S. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology* 36, 679-684.
- Pratyusha, S. (2022). Phenolic compounds in the plant development and defense: an overview. *Plant stress physiology-perspectives in agriculture*, 125-140.
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA (1995). Microbiologie. De Boeck ed. p 1014.
- Prior, R. L., Wu, X., and 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, 4290-4302.
- RAMLI, I. (2013). Magister en Biologie Appliquée. L'Activité anti leishmanienne de certains plantes médicinales locales : cas de la famille des Lamiacees. Université de costantine.
- Ravichandran, S., Bhargavi, K. M., Rai, A., Pandey, T., Rajput, J., & Sri, R. M. (2023). Medicinal plants for curing human diseases. *Insight-Chinese Medicine*, 6(1), 570.

## Références Bibliographiques

---

- Renneberg, R. (2023). *Biotechnology for beginners*. Academic Press.
- Rhayour, K. (2002). Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum*. Thèse de doctorat. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès (Maroc).
- Ribéreau-Gayon, P., and Gautheret, R.-J. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris : p 254.
- Rice, J. B., Desai, U., Cummings, A. K. G., Birnbaum, H. G., Skornicki, M., & Parsons, N. B. (2014). Burden of diabetic foot ulcers for medicare and private insurers. *Diabetes care*, 37(3), 651-658.
- Rira, M. (2019). 'Les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical', *Thèse de Doctorat, École doctorale des sciences de la vie et de la santé – agronomie – environnement. Université Clermont Auvergne. La France*, p. 232.
- Roberts, N., & Horsley, V. (2014). Developing stratified epithelia: lessons from the epidermis and thymus. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, 3(6), 389-402.
- Rosamah, E., Haqiqi, M. T., Putri, A. S., Kuspradini, H., Kusuma, I. W., Amirta, R., ... & Arung, E. T. (2023). The potential of Macaranga plants as skincare cosmetic ingredients: A review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 13(7), 001-012.
- Rybczyńska-Tkaczyk, K., Grenda, A., Jakubczyk, A., Kiersnowska, K., & Bik-Małodzińska, M. (2023). Natural Compounds with Antimicrobial Properties in Cosmetics. *Pathogens*, 12(2), 320.
- Saidi, S. A., Bourogâa, E., Bouaziz, A., Mongi, S., Chaaben, R., Jamoussi, K., ... & El-Feki, A. (2015). Protective effects of Hammada scoparia flavonoid-enriched fraction on liver injury induced by warm ischemia/reperfusion. *Pharmaceutical biology*, 53(12), 1810-1817.
- Salah, H. ben, Jarraya, R., Martin, M.-T., Veitch, N.C., Grayer, R.J., Simmonds, M.S.J., & Damak, M. (2002). Flavonol Triglycosides from the Leaves of *Hammada scoparia* (POMEL) ILJIN. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 50(9), 1268–1270.
- Salhi, S. Fadli, M. Zidane, L. Douira, A. (2010). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa* 31 : p 133-146.

## Références Bibliographiques

---

- Samira Belhadj Tahar, Mahfoud Hadj-Mahammed, Adré Pichette, Vakhtang Mshvildadze and Mohamed Yousfi. (2017). Study of the Enzymatic and Anti-Inflammatory Activities of Phenolic Extracts of *Atriplex halimus* L. and *Haloxylon scoparium* Pomel. *9*(1):40-45.
- Sarker, S. D., & Nahar, L. (2017). Progress in the chemistry of naturally occurring coumarins. *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products* *106*, 241-304.
- Sarojini, K., Arivarasu, L., & Smiline Giriya, A. S. (2020). Herbal formulation: Review of efficacy, safety, and regulations. *Int. J. Res. Pharmac. Sci*, *11*, 1506-1510.
- Sathiyamoorthy, P., Lugasi-Evgi, H., Schlesinger, P., Kedar, I., Gopas, J., Pollack, Y., & Golan-Goldhirsh, A. (1999). Screening for cytotoxic and antimalarial activities in desert plants of the Negev and Bedouin market plant products. *Pharmaceutical biology*, *37*(3), 188-195
- Schaefer, H. Redelmeier, T.E. (1996). Skin Barrier : principles of percutaneous absorption, Karger, Basel.
- Schmid, C., Dawid, C., Peters, V., & Hofmann, T. (2018). Saponins from European licorice roots (*Glycyrrhiza glabra*). *Journal of natural products*, *81*(8), 1734-1744.
- Schmidt, E., Bail, S., Friedl, S. M., Jirovetz, L., Buchbauer, G., Wanner, J., ... & Geissler, M. (2010). Antimicrobial activities of single aroma compounds. *Natural product communications*, *5*(9), 1934578X1000500906.
- Senhaji, O., Faid, M., Elyachioui, M., and Dehhaoui, M. (2005). Étude de l'activité antifongique de divers extraits de cannelle. *Journal de Mycologie Médicale* *15*, 220-229.
- Serrat, H., Beguerie, J., Rouchaud, P., & Steunou, L. (2022). U.S. Patent Application No. 17/627,381.
- Shelke, M., Sonawane, P., Bharskar, G., & Mankar, S. D. (2022). Formulation and evaluation of antimicrobial herbal ointment containing *Colocasia esculenta*. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *14*(4), 277-280.
- Shibata, S. (1977). Saponins with biological and pharmacological activity. In *New Natural Products and Plant Drugs with Pharmacological, Biological or Therapeutical Activity: Proceedings of the First International Congress on Medicinal Plant Research, Section A, held at the University of Munich, Germany, September 6–10, 1976* (pp. 177-196). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

## Références Bibliographiques

---

- Shivanand, A., & Mukhopadhyaya, S. (2017). A review on lyophilization: a technique to improve stability of hygroscopic, thermolabile substances. *PharmaTutor*, 5(11), 28-39.
- Sierra, E. J. T., Cordeiro, C. F., de Figueiredo Diniz, L., Caldas, I. S., Hawkes, J. A., & Carvalho, D. T. (2021). Coumarins as Potential Antiprotozoal Agents: Biological Activities and Mechanism of Action. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 1-20.
- Silva Filho, B., de Souza Bastos, F., da Silva Machado, D., & Luiza Ferreira Delfim, M. (2022). Application of Molecular Topology to the Prediction of Antioxidant Activity in a Group of Phenolic Compounds. arXiv e-prints, arXiv-2211.
- Singleton, V. L., and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture* 16, 144-158.
- Sirin, S., Dolanbay, S. N., & Aslim, B. (2022). Role of plant derived alkaloids as antioxidant agents for neurodegenerative diseases. *Health Sciences Review*, 100071.
- Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E. & Trombetta, D. (2017). Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British Journal of Pharmacology*, 174, 1244–1262.
- Smyth, T., Ramachandran, V. N., & Smyth, W. F. (2009). A study of the antimicrobial activity of selected naturally occurring and synthetic coumarins. *International journal of antimicrobial agents*, 33(5), 421-426.
- Soomro, N., & Bhutto, H. S. B. (2022). ENGLISH-CONTRIBUTION OF MUSLIMS AND ISLAM IN THE DEVELOPMENT OF MEDICAL SCIENCE. *The Scholar Islamic Academic Research Journal*, 8(2), 46-65.
- Speisky, H., Shahidi, F., Costa de Camargo, A., & Fuentes, J. (2022). Revisiting the oxidation of flavonoids: Loss, conservation or enhancement of their antioxidant properties. *Antioxidants*, 11(1), 133.
- Srivasatava, P. (2022). Use of alkaloids in plant protection. *Plant Protection: From Chemicals to Biologicals*, 337.
- Steven Engebretson, (2022). Chapter 2 Wound Healing. Dans *Practical Techniques in Periodontics and Implant Dentistry*. Edgard El Chaar. Page: 14-17.
- Studzińska-Sroka, E., Galanty, A., Gościniak, A., Wieczorek, M., Kłaput, M., Dudek-Makuch, M., & Cielecka-Piontek, J. (2021). Herbal infusions as a valuable functional food. *Nutrients*, 13(11), 4051.

## Références Bibliographiques

---

- Süntar, I. (2020). Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. *Phytochemistry Reviews*, 19(5), 1199-1209.
- Susana, O. M., Tonny, A. A., Mary-Ann, A., Peter, A. J., Daniel, B., Doris, K., ... & Christian, A. (2019). Medicinal plants for treatment of prevalent diseases. *Pharmacognosy—Medicinal Plants*, IntechOpen, London.
- Taïbi, K., Abderrahim, L.A., Ferhat, K., Betta, S., Taïbi, F., Bouraada, F., & Boussaid, M. (2020). Ethnopharmacological study of natural products used for traditional cancer therapy in Algeria. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28(11), 1451-1465.
- Taïbi, K., Ait Abderrahim, L., Helal, F., & Hadji, K. (2021). Ethnopharmacological study of herbal remedies used for the management of thyroid disorders in Algeria. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 29(1), 43–52
- Taïr, K., Kharoubi, O., Taïr, O.A., Hellal, N., Benyettou, I., & Aoues, A. (2016). Aluminium-induced acute neurotoxicity in rats: Treatment with aqueous extract of *Arthrophytum* (*Hammada scoparia*). *Journal of Acute Disease*, 5(6), 470-482.
- Talapatra, S. K., Talapatra, B., Talapatra, S. K., & Talapatra, B. (2015). Alkaloids. General Introduction. *Chemistry of Plant Natural Products: Stereochemistry, Conformation, Synthesis, Biology, and Medicine*, 717-724.
- Tardío, J., & Pardo-de-Santayana, M. (2008). Cultural importance indices: a comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany*, 62, 24-39.
- Telange, D. R., Ganorkar, S. B., & Shirkhedkar, A. A. (2022). Herbal Bioactives for Treating Infectious Skin Diseases. *Herbal Drugs for the Management of Infectious Diseases*, 263-289.
- Tran, M.A. Watts, R.J. Robertson, G.P. (2009). Use of liposomes as drug delivery vehicles for treatment of melanoma. *Pigment Cell & Melanoma Res.*, 22(4):p 388-399.
- Turvey, T., Loggenberg, S., Lall, N.(2022). Introduction in book of Medicinal Plants for Cosmetics : Health and Diseases 1st Edition Chapter 1|9 pages.
- Uckaya, F., & Uckaya, M. (2023). Use of Medicinal and Aromatic Plant Metabolites in Cosmetics and Skin Diseases. In *Plants as Medicine and Aromatics* (pp. 249-280). CRC Press.
- Vats, N., & Taneja, P. (2019) MEDICINAL PLANTS. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*. Vol 4. 195-200.

## Références Bibliographiques

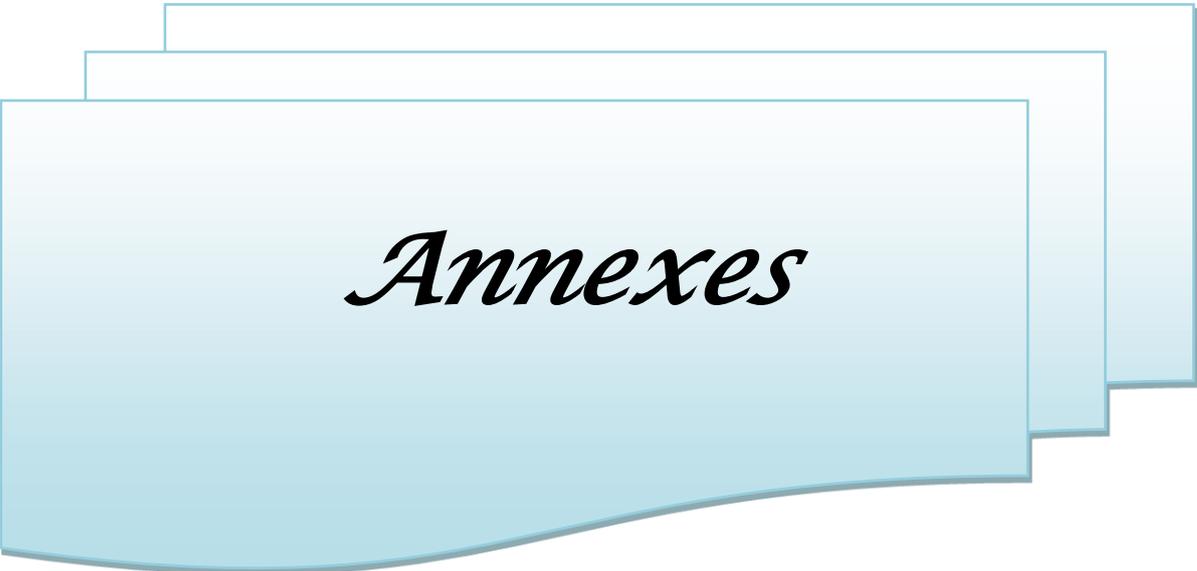
---

- Vincent, E. O., Agu, C. M., Ewelike, N. C., Nwokeji, E. M., & Eche, C. O. (2023). The Role of Alkaloids as Plant Based Alternative Nematicide for Enhanced Yield. *Emerging Issues in Agricultural Sciences Vol. 3*, 19-38.
- Vladu, A. F., Fikai, D., Ene, A. G., & Fikai, A. (2022). Combination Therapy Using Polyphenols: An efficient way to improve antitumoral activity and reduce resistance. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10244.
- Wang, H., Gao, J., Kou, J., Zhu, D., & Yu, B. (2008). Anti-inflammatory activities of triterpenoid saponins from *Polygala japonica*. *Phytomedicine*, 15(5), 321-326.
- Wang, Jizhi., Yin, Jiyan., Song, Lisheng. (2016). A preparing method of fire-purging liver-protecting healthcare tea powder.
- Wansi, J. D., Devkota, K. P., Tshikalange, E., & Kuete, V. (2013). Alkaloids from the medicinal plants of Africa. In *Medicinal plant research in africa* (pp. 557-605). Elsevier.
- Warhade, V. R., & Dighe, A. (2022). A Review on Quality control and Standardization of herbals. *Research Journal of Science and Technology*, 14(4), 247-252.
- Weitz, J. I., & Eikelboom, J. W. (2016). Advances in thrombosis and hemostasis: an introduction to the compendium. *Circulation research*, 118(9), 1337-1339.
- Wickert, P. D., & Williams, M. G. (2001). *U.S. Patent No. 6,174,699*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Wu, De-Jung., Chen, Bing-Huei., Lin, Jiun-Yi., Yu, Jr-Ru., Ke, WenShiung. (2004).
- Yadav, A. N., Kour, D., & Yadav, N. (2023). Microbes as a gift from God. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 11(4), i-iv.
- Yadav, P., Pandiaraj, T., Yadav, V., Yadav, V., Yadav, A., & Singh, V. (2020). Traditional values of medicinal plants, herbs and their curable benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 2104-2106.
- Yadav, V., Thakur, A., Bharti, R., Verma, M., & Sharma, R. (2023). Recent Advancement in Multicomponent Synthesis of Fused Coumarin Derivatives. *Current Organic Synthesis*.
- Yang, L., & Stöckigt, J. (2010). Trends for diverse production strategies of plant medicinal alkaloids. *Natural product reports*, 27(10), 1469-1479.

## Références Bibliographiques

---

- Yousefiasl, S., & Sharifi, E. (2023). Reactive Oxygen Species-Responsive Compounds: Properties, Design, and Applications. In *Stimuli-Responsive Materials for Biomedical Applications* (pp. 181-201). American Chemical Society.
- YU, Jianmei, AHMEDNA, Mohamed, et GOKTEPE, Ipek. Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. *Food chemistry*, 2005, vol. 90, no 1-2, p. 199-206.
- Zakaria, Z., Aziz, R., Lachimanan, Y. L., Sreenivasan, S., and Rathinam, X. (2008). Antioxidant activity of *Coleus blumei*, *Orthosiphon stamineus*, *Ocimum basilicum* and *Mentha arvensis* from Lamiaceae family. *Int J Nat Eng Sci* 2, 93-95.
- Zerriouh, M. (2015). Contribution à l'étude phytochimique et activité antidiabétique de *Hammada scoparia* (Pomel), 'Remth'. *PhD Thèse, Université Abou Bekr Belkaid*.
- Zhang, Biyun. (2014). Plant powder, plant bag and dried plant.
- Zhang, Z., Li, X., Sang, S., McClements, D. J., Chen, L., Long, J., ... & Qiu, C. (2022). Polyphenols as plant-based nutraceuticals: health effects, encapsulation, nano-delivery, and application. *Foods*, 11(15), 2189.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry* 64, 555-559.
- Zhou, Shiming. (2016). Plant powder and application thereof.
- ZOUABER, L., & KELOUCHE, M. E. A. (2023). *Mécanisme physiopathologique de la cicatrisation des plaies cutanées chez les équidés* (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun).



*Annexes*

# Annexe

## Annexe A : fiche d'enquête

République Algérienne démocratique et populaire  
Université de Saida docteur Muolay Tahar  
Faculté des sciences  
Département de biologie  
Laboratoire de biotoxicologie

Lieu .....

Fiche N° .....

### Profil de l'informateur

Age :  <20  20-30  30-40  40-50  50-60  >60

Sexe :  masculin  féminin

Profession :

Situation familiale :  célibataire  marié  veuf

Niveau d'étude :  néant  primaire  secondaire  universitaire

Localité :  douar  village  ville  nomade

### Information sur la plante

Pathologie	Partie utilisée	Mode de préparation	Mode d'administration	Posologie

# Annexe

## Annexe B : Les courbes étalonnages

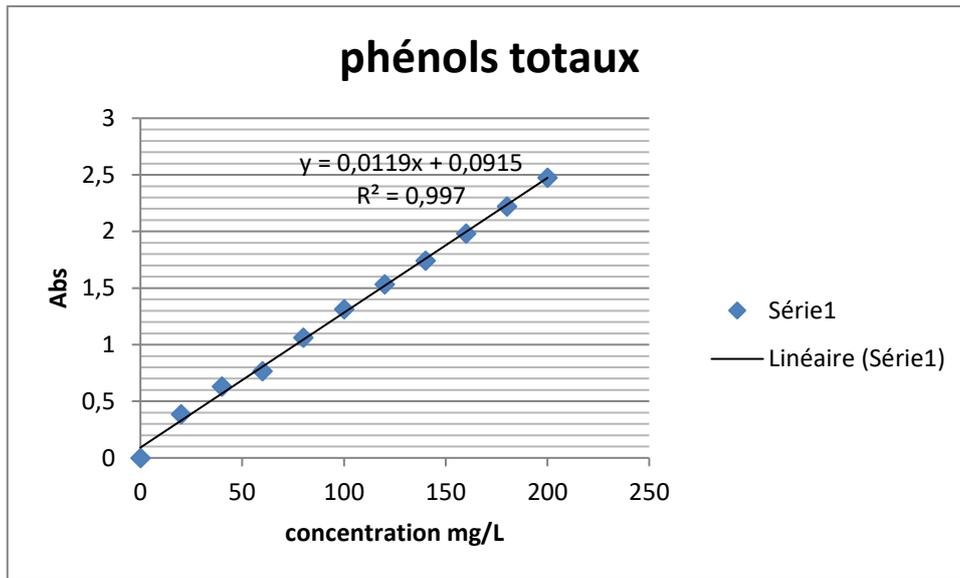


Figure : Courbe d'étalonnage des phénols totaux.

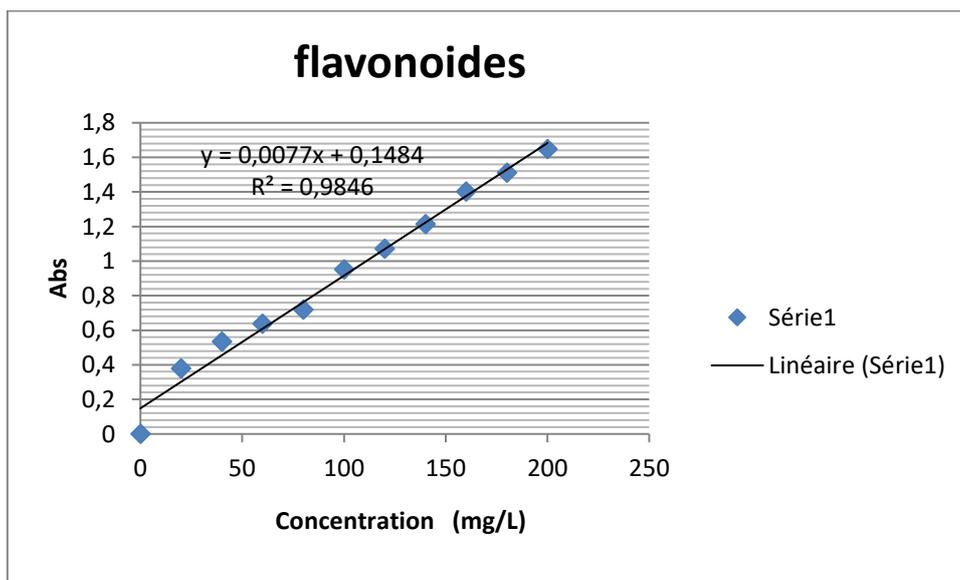
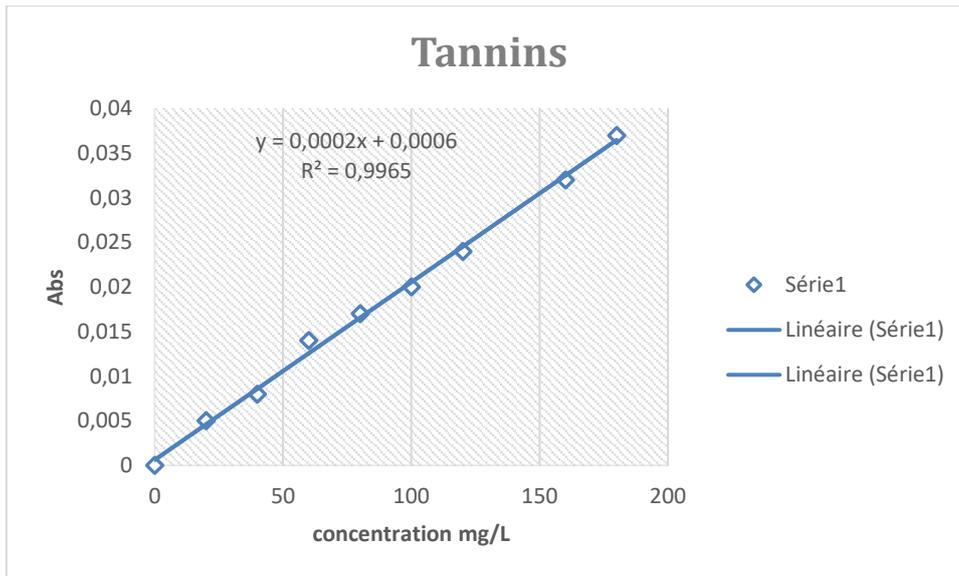
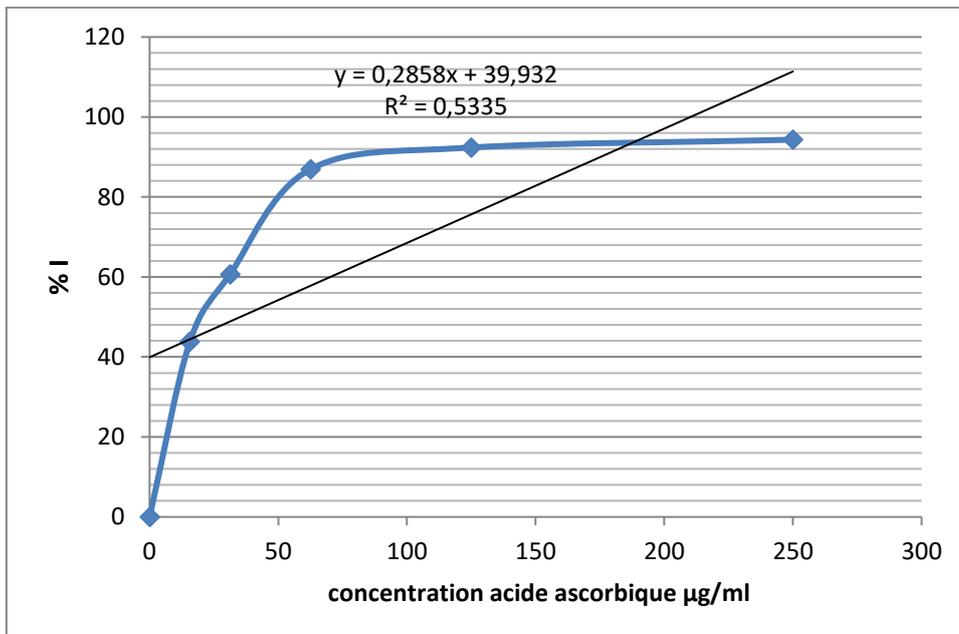


Figure : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

## Annexe



**Figure :** Courbe d'étalonnage des tannins



**Figure :** Courbe d'étalonnage de Test DPPH.

## Annexe

### Annexe C : lyophilisation et préparation de la pommade



**Figure :** Le processus de lyophilisation (Gheffari., 2023).



**Figure :** Préparation de la pommade (Gheffari., 2023).

## Annexe

### Annexe D : Activité Cicatrisante

#### Médicaments :

- kétamine 1gr/10ml : utilisé à la dose 25 à 40mg/kg.
- Mebo.
- Désinfectants : Alcool chirurgical (75°) et Eau de Javel.

#### Matériel :

- Matériel chirurgicale stérile
- Matériel de dissection
- Scalpel stérile
- Tendeuse électrique
- Rasoir
- 02 Becs bunsen
- Chronomètre
- Appareil photo numérique
- Balance de précision
- Paire de ciseaux
- Spatules stériles



**Figure :** Excision de la peau après cicatrisation (Gheffari., 2023).

## Annexe



**Figure :** une pièce de peau cicatrisée (Gheffari., 2023).



**Figure :** prélèvement sanguin (Gheffari., 2023).

## Annexe

### Annexe E : Les résultats des analyses statistiques

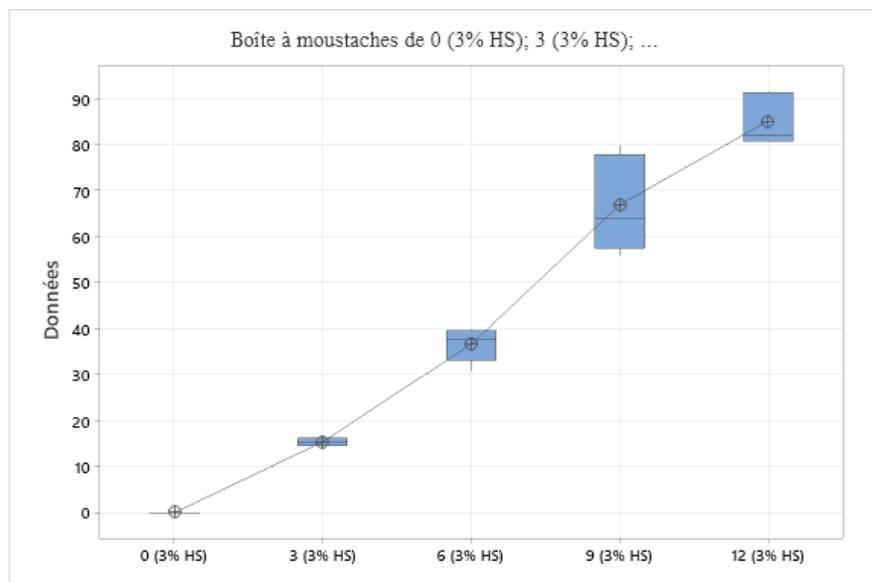
#### 1. Comparaison au sein du même lot en fonction du temps de cicatrisation

##### a. Formulation HS à 3%

Le score moyen des plaies à 3% de HS varie entre 85,07 et 15,37. La comparaison des différentes moyennes des scores des lots traités en fonction du temps montre une différence significative de 0,000 ( $p \leq 0,05$ ) (Tab 1)

**Tableau 1** : Comparaison des moyennes de cicatrisation pour HS à 3% en fonction du temps.

Facteur	N	Moyenne $\pm$ EcTyp	IC à 95 %	Valeur de F	<i>p</i>
0 (3% HS)	5	0,000 0,000	(-5,18; 5,18)	200,87	0,000
3 (3% HS)	5	15,37 1,044	(10,18; 20,56)		
6 (3% HS)	5	36,59 3,63	(31,40; 41,77)		
9 (3% HS)	5	66,87 10,46	(61,68; 72,06)		
12 (3% HS)	5	85,07 5,57	(79,89; 90,26)		



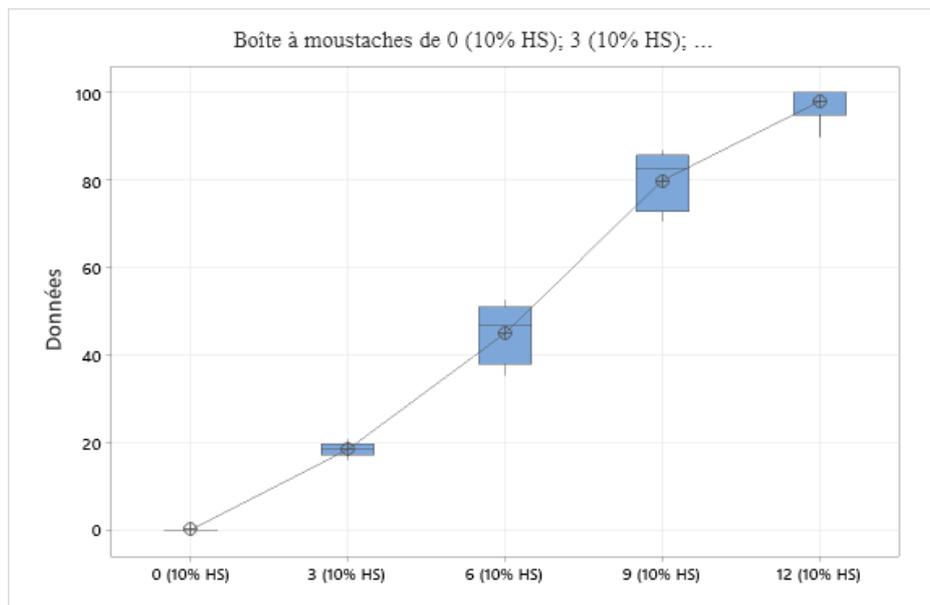
##### b. Formulation HS à 10%

Le score moyen des plaies à 10 % de HS varie entre 97,94 et 18,372. La comparaison des différentes moyennes des scores des lots traités en fonction du temps montre une différence significative de 0,000 ( $p \leq 0,05$ ) (Tab 2)

## Annexe

**Tableau 2 :** Comparaison des moyennes de cicatrisation pour HS à 10 % en fonction du temps

<b>Facteur</b>	<b>N</b>	<b>Moyenne ± EcTyp</b>	<b>IC à 95 %</b>	<b>Valeur de F</b>	<b>p</b>	
0 (10% HS)	5	0,000	0,000	(-4,56; 4,56)	349,36	0,000
3 (10% HS)	5	18,372	1,741	(13,80; 22,94)		
6 (10% HS)	5	44,99	6,98	(40,42; 49,56)		
9 (10% HS)	5	79,89	6,85	(75,32; 84,46)		
12 (10% HS)	5	97,94	4,60	(93,38; 102,51)		



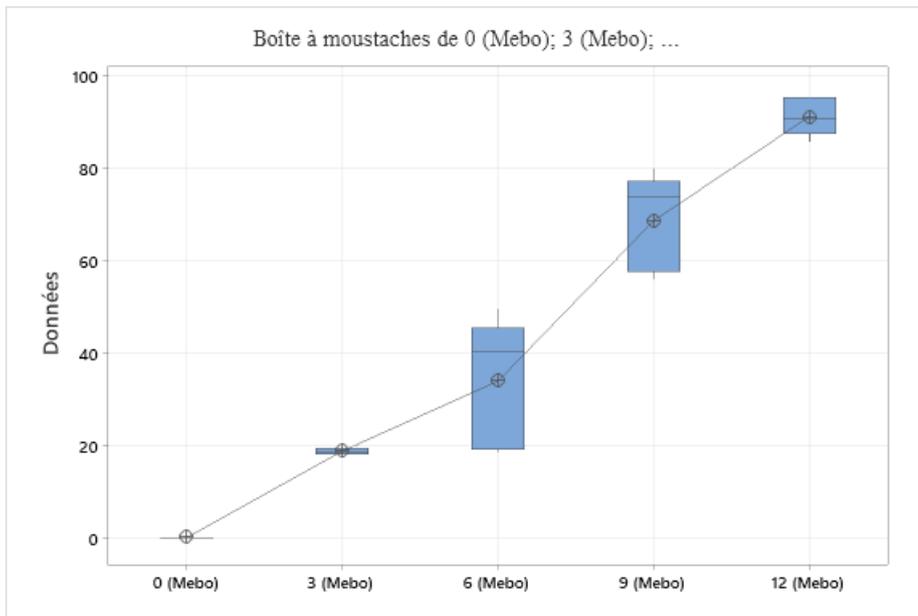
### c. Mebo

Le score moyen des plaies traitées par Mebo varie entre 91,21 et 18,774. La comparaison des différentes moyennes des scores des lots traités en fonction du temps montre une différence significative de 0,000 ( $p \leq 0,05$ ) (Tab 3)

**Tableau 3 :** Comparaison des moyennes de cicatrisation pour HS à 10 % en fonction du temps

<b>Facteur</b>	<b>N</b>	<b>Moyenne ± EcTyp</b>	<b>IC à 95 %</b>	<b>Valeur de F</b>	<b>p</b>	
0 (Mebo)	5	0,000	0,000	(-7,45; 7,45)	107,65	0,000
3 (Mebo)	5	18,774	0,677	(11,31; 26,22)		
6 (Mebo)	5	33,93	13,92	(26,48; 41,39)		
9 (Mebo)	5	68,66	10,41	(61,20; 76,11)		
12 (Mebo)	5	91,21	4,08	(83,76; 98,67)		

## Annexe



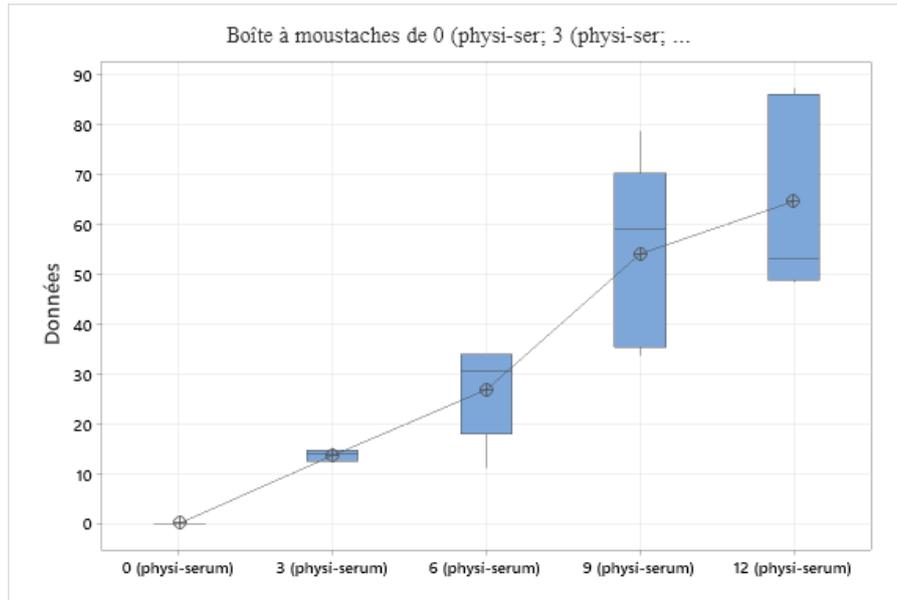
### a) Physiological serum

Le score moyen des plaies traitées par physiological serum varie entre 64,49 et 13,64. La comparaison des différentes moyennes des scores des lots traités en fonction du temps montre une différence significative de 0,000 ( $p \leq 0,05$ ) (Tab 4)

**Tableau 4 :** Comparaison des moyennes de cicatrisation pour HS à 10 % en fonction du temps

Facteur	N	Moyenne ± EcTyp	IC à 95 %	Valeur de F	<i>p</i>
0 (physi-serum)	5	0,000	0,000	22,11	0,000
3 (physi-serum)	5	13,64	1,184		
6 (physi-serum)	5	26,81	9,54		
9 (physi-serum)	5	53,99	18,68		
12 (physi-serum)	5	64,49	19,65		

## Annexe



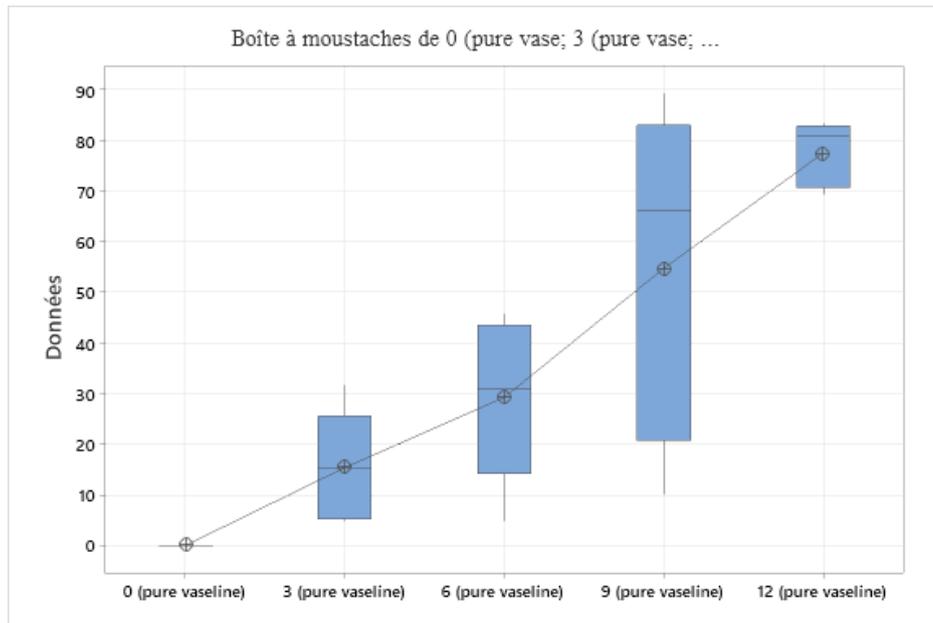
### b) Pure vaseline

Le score moyen des plaies traitées par pure vaseline varie entre 64,49 et 13,64. La comparaison des différentes moyennes des scores des lots traités en fonction du temps montre une différence significative de 0,000 ( $p \leq 0,05$ ) (Tab 5)

**Tableau 5 :** Comparaison des moyennes de cicatrisation pour HS à 10 % en fonction du temps

Facteur	N	Moyenne ± EcTyp	IC à 95 %	Valeur de F	<i>p</i>
0 (pure vaseline)	5	0,000 0,000	(-16,19 ; 16,19)	15,88	0,000
3 (pure vaseline)	5	15,37 11,04	(-0,83 ; 31,57)		
6 (pure vaseline)	5	29,22 16,14	(13,03 ; 45,42)		
9 (pure vaseline)	5	54,7 32,9	(38,5 ; 70,9)		
12 (pure vaseline)	5	77,44 6,41	(61,24 ; 93,64)		

## Annexe



### 1. Comparaison des moyennes des surfaces des plaies des différents traitements

L'analyse statistique, à l'aide de test ANOVA ( $p \leq 0.05$ ) de différents traitement (HS à 3% et 10% de HS, Mebo, physiological serum et pure vaseline) sur la cicatrisation des plaies des Rat, nous a permis de constater qu'il y a une différence significative entre eux. ( $0,000 ; p \leq 0,05$ ) (Tab.6) et les moyennes des valeurs annotées n'ont pas la même lettre (Tab 7). On peut dire que la plante HS à 10 % a une très grande influence sur la cicatrisation des plaies des Rats.

**Tableau 6:** Comparaison des moyennes de cicatrisation pour différents traitements.

Facteur	N	Moyenne ± EcTyp	IC à 95 %	Valeur de F	<i>p</i>
3 % HS formulation	5	50,98    3,41	(45,53 ; 56,42)	9,37	0,000
10 % HS formulation	5	60,298    2,184	(54,84 ; 65,74)		
Mebo	5	53,14    3,45	(47,70 ; 58,59)		
Physiological serum	5	39,73    2,49	(34,29 ; 45,18)		
Pure Vasline	5	44,18    11,67	(38,73 ; 49,63)		