

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES

LA NATURE ET DE LA VIE

N° : .....

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE

FILIERE : BIOTECHNOLOGIES

OPTION : Biotechnologie Végétale

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : YAHIAOUI ZINEB

ABDI RATIBA

*Intitulé*

**Contribution à la valorisation d'une plante utile en  
médecine traditionnelle *Hertia cheirifolia*.**

Soutenu devant le jury composé de :

<b>KHALFA Hanane</b>	MCB	Université de M'Sila	Présidente
<b>ADOUI Nabila</b>	MCA	Université de M'Sil	Rapportrice
<b>ARAB Radia</b>	MCA	Université de M'Sila	Examinatrice

Année universitaire : 2024 /2025

صلى الله عليه وسلم

## *Remerciement*

Au terme de notre parcours universitaire, nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à dieu tout-puissant, pour sa grâce infinie et son aide précieuse qui nous ont permis d'achever ce travail.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos parents, pour leur patience, leur générosité et leur soutien constant, qui ont toujours été pour nous une source de motivation et d'encouragement.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance la plus sincère à notre Encadrante, Madame la Docteure **ADOUI Nabila**, pour ses conseils avisés, ses encouragements, son dévouement et sa bienveillance de ce mémoire.

Nous adressons également nos vifs remerciements à **Dr.Khalfa Hanane** et **Dr.ARAB Radia**, pour avoir accepté de juger notre travail et pour leurs remarques pertinentes qui ont enrichi notre réflexion.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin ,ont contribué à la réalisation de ce mémoire et qui ont joué un role précieux dans son aboutissement .



*Dédicace*

## فرحين بما اتاهم الله من فضله

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، ويتوفيقه تتحقق الغايات.

أهدي عملي المتواضع .....

الى من رباني، وكافح، وتعب، وبذل جهد السنين من أجلنا الى من أحمل اسمه بكل افتخار حفظك الله لنا  
حتى ترى ثمارا حان وقت حصادها بعد طول انتظار

والدي العزيز "الحاج يحيايوي"

الى داعمتي الأولى والأبدية، وقوتي بعد الله، قرة عيني وأعز مأمك، الى جنة قلبي التي رافقتني  
وأرشدتني في كل مشاوير حياتي

أمي الغالية "خضرة سماتي"

الى من قيل فيهم ( سنشد عضدك بأخيك )، "اخوتي" ضلعي الثابت الذي لايميل حفظهم الرحمن  
ووقفهم لكل خير

الى صديقاتي اللاتي جمعنتي يهنم مقاعد الدراسة وكانو خير سندا وعونا لي في هذا الطريق أخص  
بالذكر كل من وقف معي وساندني بالكلمة والدعاء، فأنتم كنز لايقدر بثمن لكم مني كل الحب والاحترام

الى كل الذين يبهنهم نجاحي، وكل من ساندني وتذكرني بدعوة خير، شكرا لكم .

" فاللهم اجعله نهاية خير لبداية طريق ملئ بالنجاحات "

زينب يحيايوي

2025



## *Dédicace*

الحمد لله الذي بنعمته تتمّ الصالحات، وبفضله تُدُلّ الصعوبات وتتحقق الأمنيات. إلى من يطيب كلُّ بدءٍ  
بذكره...

إلى الله سبحانه وتعالى،

شكراً لك يا رب على عونك، وقوتك، وصبرك الذي زرعتَه في قلبي طوال هذا المشوار.

إلى نبع الحنان والعطاء،

إلى والديّ العزيزين،

أهديكما هذا العمل المتواضع، عرفاناً بتضحياتكما، ودعائكما، وسندكما الدائم لي.

إلى رفيق دربي، وسندي في كل خطوة،

زوجي الحبيب علاء،

شكراً لك على صبرك، دعمك، ووقوفك بجانبني...

كنت ملاذي في لحظات الشك، ومحبتك كانت زادي وقوتي.

إلى أخي وأختي،

شكراً لدعمكما الصادق، وكلماتكما المشجعة، وقربكما الذي كان نعمة.

إلى زوج أختي،

وإلى زهرتي العائلة الصغيرتين: غيث ولؤي،

أهديكم كل محبتي، فقد كانت براءتكم نوراً في أيام الدراسة المتعبة.

2  
0  
2  
1  
5

*ABID RATIBA*

## Sommaire

Résumé .....	i
Liste des abréviations .....	ii
Liste des figures .....	iii
Liste des tableaux .....	iv
Introduction.....	1
Chapitre I. Synthèse bibliographique .....	2
I.1. Définition des plantes médicinales .....	2
I.2. Historique de l'utilisation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle .....	2
I.2.1. Les civilisations anciennes .....	3
I.2.2. Égypte ancienne :.....	3
I.2.3. La Mésopotamie (Babylone et assyrie) :.....	4
I.2.4. La Grèce antique.....	4
I.2.5. Le monde arabo-islamique .....	5
I.2.6. Afrique du Nord et Algérie .....	5
I.3. Les Métabolites secondaires .....	6
I.3.1. Les Saponines .....	6
I.3.2. Les Glycosides:.....	6
I.3.3. Les Anthraquinones .....	7
I.3.4. Les Coumarines .....	7
I.3.5. Les Flavonoïdes: .....	7
I.3.6. Les Cinnam-aldéhydes :.....	7
I.3.7. Les Alcaloïdes .....	7
I.3.8. Les Terpènes.....	8
I.3.9. Les Polysaccharides .....	8
I.3.10. Les Tannins .....	9
I.4. Méthodes d'utilisation des plantes médicinales .....	9

I.4.1. Infusion .....	9
I.4.2. La décoction .....	9
I.4.3. La macération .....	10
I.4.4. La poudre .....	10
I.4.5. Le cataplasme .....	10
I.5. Impact des plantes médicinales sur la santé publique .....	10
I.6. Dangers et contre-indications des plantes médicinales .....	11
I.7. Facteurs influençant la qualité des plantes médicinales .....	11
I.8. Généralités sur la plante étudiée <i>Hertia cheirifolia</i> .....	12
I.8.1. Famille des Asteraceae.....	12
I.8.2. Généralités sur le genre de <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) .....	12
I.8.3. La plante médicinale <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) .....	13
I.9. Activité insecticide .....	18
I.9.1. Présentation de l'insecte <i>Tribolium confusum</i> .....	18
Chapitre II. Matériel ET Méthodes .....	20
II.1. Matériel.....	20
II.1.1. Matériel végétal.....	20
II.1.2. Matériel animal .....	20
II.2. Méthodes Expérimentale .....	20
II.2.1. Extraction par Macération.....	20
II.2.2. Extraction l'huile essentielle .....	20
II.2.3. Détermination du rendement de l'huile essentielle .....	21
II.2.4. Détermination du rendement de l'extraction .....	21
II.3. Evaluation des activités biologiques .....	22
II.3.1. Activité anti-oxydante .....	22
II.3.2. Analyses colorimétriques par spectrophotométrie .....	23
II.4. Activités insecticides.....	24

II.4.1. Evaluation de la toxicité par effet contact .....	24
II.4.2. Evaluation de la toxicité par effet répulsion .....	25
II.4.3. Méthodes d'analyse des données .....	27
II.5. Evaluation de l'activité antibactérienne .....	28
II.5.1. Revivification et repiquage des espèces bactériennes .....	28
II.5.2. Préparation de l'inoculum bactérien.....	28
II.5.3. Préparation des disques d'aromatogramme .....	29
II.5.4. Préparation des milieux de culture .....	29
II.5.5. Ensemencement.....	30
II.5.6. Expression des résultats .....	30
Chapitre III. Résultats et discussion .....	33
III.1. Détermination du rendement de l'extraction .....	33
Détermination du rendement de L'huile essentielle .....	33
III.1.1. Résultats d'analyse quantitative.....	34
III.1.2. Evaluation des activités biologiques .....	36
III.1.3. Activité antibactérienne.....	54
Conclusion .....	57
Référence bibliographique .....	58
Annexe	

## ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة التركيب الكيميائي والخصائص البيولوجية لنبات الحرثية الزيزفونية ( *Hertia cheirifolia* ) من الفصيلة النجمية، المشهور بفضائله العلاجية. شملت المنهجية استخلاص مكونات النبات بالنقع، مما أنتج مستخلصات مركزة من الميثانول والهكسان. تم تحديد كمية المركبات الفينولية باستخدام طريقة فولين-سيوكالتو، بينما قُيم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة اختبار DPPH. لاختبار النشاط المبيد للحشرات للزيت العطري ومستخلصات الميثانول والهكسان، أُجريت تقييمات بالتلامس والنفور على حشرات خنافس الدقيق البالغة، مع تطبيقات مباشرة لقياس معدل الوفيات. أما النشاط المضاد للبكتيريا، فقد دُرِس بتقنية الانتشار على الأقراص. أظهرت النتائج عائد استخلاص مرتفع بلغ 41.38% و 8.30% للمستخلصين الميثانولي والهكساني على التوالي، وعائدًا متوسطًا للزيت العطري (2.1 جرام). وُجد أن مستخلصات *Hertia cheirifolia* غنية بالمركبات الفينولية بمعدل 299.6176 GAE/ملغ. فيما يخص النشاط المضاد للأكسدة، أظهرت المستخلصات الميثانولية والهكسانية قيم IC50 بلغت 42.70 ملجم/مل و 292.59 ملجم/مل على التوالي، مما يشير إلى إمكانات مضادة للأكسدة كبيرة. بالنسبة للنشاط المبيد للحشرات، أظهرت الاختبارات معدل وفيات منخفضًا للحشرات المعرضة للمستخلصات، ومتوسط معدل وفيات للزيت العطري، مما يدل على فعالية طفيفة. إضافة إلى ذلك، لوحظ نشاط مضاد للبكتيريا غير ذي أهمية على جميع السلالات البكتيرية التي تم اختبارها.

الكلمات المفتاحية : *Hertia cheirifolia*، بوليفينولات، مضاد للأكسدة، مبيد للحشرات، مضاد للبكتيريا، *Tribolium confusum*.

## Abstract

This research aims to study the chemical composition and biological properties of *Hertia cheirifolia* (L.), a plant from the Asteraceae family renowned for its therapeutic virtues. The objective is to better understand its therapeutic potential by evaluating its antioxidant, insecticidal, and antibacterial effects. The methodology involved extracting plant components through maceration, yielding concentrated methanolic and hexanic extracts. Polyphenols were quantified using the Folin-Ciocalteu method, and antioxidant activity was assessed with the DPPH test. Insecticidal activity tests for the essential oil, methanolic, and hexanic extracts included contact and repellent evaluations on adult *Tribolium confusum*, with direct applications to measure insect mortality. Antibacterial activity was investigated using the disk diffusion technique for quantitative assessment. The results showed high extraction yields of 41.38% and 8.30% for the methanolic and hexanic extracts, respectively, and an average yield for the essential oil (2.1g). *Hertia cheirifolia* extracts were found to be rich in phenolic compounds, with a concentration of 299.6176 GAE/mg. Regarding antioxidant activity, the methanolic and hexanic extracts exhibited IC<sub>50</sub> values of 42.70 mg/ml and 292.59 mg/ml respectively, highlighting considerable antioxidant potential. For insecticidal activity, tests showed low mortality in insects exposed to the extracts and average mortality with the essential oil, demonstrating slight efficacy in controlling harmful insects. Furthermore, no significant antibacterial activity was observed on any of the tested bacterial strains.

The keywords are: *Hertia cheirifolia*, Polyphenols, Antioxidant, Insecticidal, Antibacterial, *Tribolium confusum*.

## Résumé

L'objectif de la présente recherche est l'étude de composition chimique et les propriétés biologiques de la plante *Hertia cheirifolia* (L.) de la famille des Astéracées, qui est réputée par ses vertus thérapeutiques à travers l'évaluation de leurs effets anti-oxydant, insecticide et antibactérienne afin de mieux comprendre leurs potentiels thérapeutiques. La méthodologie implique l'extraction des composants de la plante par macération, donnant des extraits concentrés méthanolique et hexanique. Les polyphénols ont été dosés à l'aide de la méthode de Folin-Ciocalteu et l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide du test DPPH. Les tests d'activité insecticide de l'huile essentielle et des extraits méthanolique et hexanique ont inclus des évaluations par contact et répulsion sur des adultes de *Tribolium confusum*, avec des applications directes pour mesurer la mortalité des insectes. Tandis que l'activité antibactérienne a été étudiée par la technique de diffusion sur disque pour une évaluation quantitative. Les résultats ont montré un rendement d'extraction élevé de 41.38%, 8.30 % pour l'extrait méthanolique et hexanique respectivement et un rendement moyen pour l'huile essentielle (2.1g). Les extraits de *Hertia cheirifolia* se sont avérés riches en composés phénoliques avec un taux égal à 299.6176 GAE/mg. En ce qui concerne l'activité antioxydante, les extraits méthanolique et hexanique ont présenté des valeurs d'IC<sub>50</sub> de 42.70mg/ml et 292.59 mg/ml respectivement soulignant un potentiel antioxydant considérable. Pour l'activité insecticide, les tests ont montré une faible mortalité chez les insectes exposés aux extraits et une moyenne de mortalité pour l'huile essentielle, démontrant ainsi une légère efficacité dans la lutte contre les insectes nuisibles. De plus une activité antibactérienne non significative a été observée sur toutes les souches bactériennes testées.

**Mots clés :** *Hertia cheirifolia*, Polyphénols, Antioxydante, Insecticide, Antibactérienne, *Tribolium confusum*

## Liste des abréviations

R : rendement.

Mext : masse de l'extrait non trait .

Mmv : masse de la matière végétale.

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazole.

BHT :butylated hydroxy toluence .

BHA :butylated hydroxy anisole.

Nm :nanometer .

UV:ultra-violet.

Meoh : methanol.

CI50 :concentration inhibitrice médiane.

FCR :folin-ciocâlteau .

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> :Soda Ash .

EAG :équivalent d'acide gallique.

PS :poids sec.

DL50 : doses létale.

TL50 : temps létaux.

UFC : unité formant colonie.

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Répartition de la plante <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) dans le monde.....	13
<b>Figure 02:</b> La tige de la plante <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) .....	15
<b>Figure 03:</b> Structure de la fleur <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) .....	15
<b>Figure04:</b> Différents stades biologiques Tconfusum; L'oeuf; L'arve; Nymphe; Adulte .....	19
<b>Figure 05 :</b> Extraction l'huile essentielle de plante <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) dans un appariel de clevenger.....	21
<b>Figure 06:</b> Dispositif expérimentale du traitement par contact des insectes avec l'extrait méthanolique de la plante <i>Hertia cheirifolia</i> (L.). .....	25
<b>Figure 07:</b> Dispositif expérimentale du traitement par répulsif des insectes .....	27
<b>Figure 08:</b> Préparation des disques d'aromatogramme . .....	29
<b>Figure 09:</b> Préparation de milieu de culture.....	30
<b>Figure 10:</b> Etapes d'ensemencement des bactéries et dépôt des disques .....	32
<b>Figure 11:</b> Courbe d'étalonnage de l'acide gallique. ....	35
<b>Figure 12:</b> Dosage de la plante <i>Hertia cheirifolia</i> L les deux extraits(hexanique ,méthanolique ). .....	35
<b>Figure 13:</b> Activité antioxydante de la plante <i>Hertia cheirifolia</i> les deux extraits (méthanolique ,héxanique ) .....	37
<b>Figure 14:</b> Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait méthanolique de la plante <i>Hertia Cheirifolia</i> . .....	38
<b>Figure 15:</b> Pourcentage d'inhibition( IP%) du DPPH par l'extrait hexanique de la plante <i>Hertia Cheirifolia</i> .....	39
<b>Figure 16:</b> Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'antioxydant quercétine .....	40
<b>Figure 17:</b> Mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'huile de plante <i>Hertia</i> L. ....	44
<b>Figure 18:</b> droite de régression de l'huile essentielle en fonction des doses après 24h,48h,72het 96h . .....	45
<b>Figure 19:</b> Mortalité corrigée des adultes de T. confusum traitées par l'extrait hexanique .....	49

<b>Figure 20</b> : Mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait méthanolique ....	50
<b>Figure 21</b> : droite de régression de l'extrait hexanique en fonction des doses après 24h, 48h, 72h et 96h. ....	51
<b>Figure 22</b> : droite de régression de l'extrait méthanolique en fonction des doses après 24h, 48h, 72h et 96h. ....	52
<b>Figure 23</b> : Photos montrant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne.....	56
<b>Figure 24</b> : Extraction des huiles par L'appareil de Clevenger .....	67
<b>Figure 25</b> : L'évaporation de l'extrait par le Rotavapeur.....	68

## Liste des tableaux

<b>Tableau01:</b> Classification systématique d' <i>Hertia cheirifolia</i> (L.) .....	17
<b>Tableau 02:</b> Les doses utilisées dans le test contact pour l'huile essentielle .....	24
<b>Tableau 03:</b> Les 5 doses utilisées dans le test contact et répulsion pour l'extrait hexanique et méthanolique. ....	25
<b>Tableau 04:</b> Pourcentages répulsifs selon le classement .....	26
<b>Tableau 05:</b> Caractéristiques des souche bactériennes utilisées. ....	28
<b>Tableau 06:</b> Rendement d'extraction de les deux plante. <i>Hertia Cheirifolia</i> .(L. ) .....	33
<b>Tableau 07:</b> Rendement de L'huile essentielle <i>Hertia Cheirifolia</i> .(L. ).....	34
<b>Tableau08:</b> Quantification des polyphénols dans les extraits de la plante <i>Hertia Cheirifolia</i> .....	34
Tableau 09: Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait méthanolique de la plante <i>Hertia Cheirifolia</i> .....	37
Tableau 10: Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait hexanique de la plante <i>Hertia Cheirifolia</i> .....	38
Tableau 11: Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait hexanique de la plante <i>Hertia Cheirifolia</i> .....	39
<b>Tableau 12:</b> Les équations des droites de régressions et les DL50 après 24h,84h,72het96h .....	44
<b>Tableau 14:</b> Toxicité d'extrait hexanique de <i>Hertia Cheirifolia</i> vis-à-vis au <i>tribolium costunum</i> .....	46
<b>Tableau 15:</b> Toxicité d'extrait méthanolique de <i>Hertia Cheirifolia</i> vis-à-vis au <i>tribolium costunum</i> .....	47
<b>Tableau 16:</b> Les équations des droites de régressions et les DL50 après 24h,84h,72het96h .....	50
<b>Tableau 18:</b> Résultats du test répulsif d'extrait hexanique de <i>Hertia Cheirifolia</i> (L.) sur les adultes de <i>tribolium confusum</i> .....	53
<b>Tableau 19:</b> Résultats du test répulsif d'extrait méthanolique de <i>Hertia Cheirifolia</i> (L.) sur les adultes de <i>tribolium confusum</i> .....	54

**Tableau 20:** résultats de l'activité antibactérienne des *Hertia Cheirifolia* L. extraits réalisé par la méthode de diffusion sur disque..... 55

---

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction

Depuis toujours, les plantes médicinales ont joué un rôle essentiel dans les pratiques de soin à travers les différentes civilisations. L'homme, en interaction constante avec son environnement naturel, a su tirer parti des ressources végétales pour apaiser divers troubles et maladies (Madani, T. 2017). Cette richesse botanique représente une précieuse source naturelle de molécules actives capables de soutenir les fonctions vitales de notre organisme. Aujourd'hui encore, malgré les avancées de la médecine moderne, une grande partie de la population mondiale – surtout dans les pays en développement – continue de se tourner vers la médecine traditionnelle pour répondre à ses besoins de santé, selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (Hamlaoui et al., 2013). Cette préférence s'explique par l'accessibilité, l'efficacité empirique, et le coût relativement bas des traitements d'origine végétale. D'un point de vue biochimique, les plantes ont la capacité de produire une vaste gamme de métabolites secondaires tels que les polyphénols, les alcaloïdes et les terpènes (Iserin, P. 2001). Ces composés possèdent de nombreuses propriétés biologiques : antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, et même anticancéreuses. Grâce à ces caractéristiques, ils trouvent leur place dans divers secteurs industriels comme la cosmétique, l'agroalimentaire et la pharmaceutique.

L'Algérie, avec son écosystème incroyablement riche, abrite une grande diversité floristique, estimée à près de 3000 espèces botaniques réparties sur tout son territoire. Parmi ces espèces, on trouve *Hertia cheirifolia*, une plante spontanée qui pousse dans les zones arides et semi-arides, notamment dans les Aurès et jusqu'au Sahara (Benabdallah, et al, 1982).

Ce travail de recherche vise à approfondir notre compréhension sur la composition chimique et pouvoir des activités biologiques de l'espèce *Hertia cheirifolia* et à fournir des informations importantes pour la médecine traditionnelle et les recherches pharmaceutiques.

L'objectif principal de cette étude est de caractériser les composés phytochimiques présents dans les extraits méthanolique et hexanique de l'espèce *Hertia cheirifolia* afin d'évaluer leurs activités biologiques. Pour ce faire, plusieurs techniques seront utilisées, dosage des polyphénols et les tests des activités biologiques tels que l'activité anti-oxydante, antibactériennes et insecticide.

Le travail sera présenté comme suit :

- une partie relative à l'étude bibliographique qui présente des généralités sur la phytothérapie plantes médicinales et l'espèce étudiée.
- Quand au deuxième chapitre la partie expérimentale qui est consacré à l'étude phytochimique et les activités biologiques de l'espèce végétale utilisée
- Quand au troisième chapitre dans lequel nous présenterons nos résultats et discussions.
  - Une conclusion générale qui résumera les résultats obtenus dans cette étude.



**Chapitre I:**  
**Synthèse bibliographique**

## Chapitre I. Synthèse bibliographique

### I.1. Définition des plantes médicinales

Les plantes médicinales, ces trésors de la nature, sont utilisées depuis des millénaires pour leurs vertus thérapeutiques. Elles renferment des substances actives naturelles, que l'on appelle principes actifs, qui peuvent influencer nos fonctions physiologiques (Rates, 2001). On peut les utiliser entières ou sous forme d'extraits, comme des tisanes, des décoctions, des huiles essentielles ou des poudres, dans le cadre de traitements destinés à prévenir, soulager ou guérir diverses maladies (Heinrich et *al.*, 2020).

Les principes actifs des plantes médicinales se répartissent en plusieurs grandes classes chimiques, notamment les alcaloïdes, les flavonoïdes, les glycosides, les tanins, les saponines, les terpènes et les huiles essentielles. Ces composés possèdent des propriétés pharmacologiques variées, comme des effets anti-inflammatoires, antimicrobiens, antioxydants, immunomodulateurs et anticancéreux (Newman & Cragg, 2016).

D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 80 % de la population mondiale continue d'utiliser les plantes médicinales comme principale source de soins de santé, surtout dans les pays en développement où l'accès aux médicaments modernes est limité (World Health Organization, 2019).

Malgré leur utilisation traditionnelle, seule une petite fraction des espèces végétales a été étudiée en profondeur sur le plan phytochimique et pharmacologique. La recherche scientifique contemporaine s'efforce de mieux comprendre ces mécanismes d'action et d'identifier de nouvelles molécules qui pourraient servir de base à la création de médicaments innovants (Fabricant & Farnsworth, 2001)

### I.2. Historique de l'utilisation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle

Depuis la préhistoire, l'être humain a toujours eu cette quête de soulager ses douleurs en se tournant vers les ressources naturelles, surtout les plantes. Des découvertes archéologiques révèlent que l'utilisation des plantes médicinales remonte à plus de 60 000 ans. Dans la grotte de Shanidar, en Irak, des archéologues ont mis au jour les restes d'un homme de Néandertal, enterré

avec du pollen de plantes médicinales comme l'achillée millefeuille et la camomille, reconnues pour leurs vertus anti-inflammatoires et apaisantes (Lietava, 1992).

D'autres études montrent que les Néandertaliens avaient une connaissance consciente de certaines plantes pour se soigner, comme le prouvent les résidus trouvés sur leurs dents. Cela suggère qu'ils pratiquaient une forme primitive d'automédication (Hardy et al., 2012).

Ces découvertes soulignent que l'usage des plantes médicinales était déjà bien ancré dans les pratiques de santé des anciens, bien avant l'arrivée de la médecine moderne (Shipley & Kindscher, 2016).

### **I.2.1. Les civilisations anciennes**

Depuis la préhistoire, les humains ont toujours eu recours aux plantes pour soigner différentes maladies. Des découvertes archéologiques, comme la sépulture de Shanidar IV en Irak, montrent que les Néandertaliens utilisaient déjà des plantes aux vertus médicinales. Des études sur le pollen ont mis en lumière la présence de pollens de plantes telles que l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), la centaurée (*Centaurea solstitialis*) et la rose trémière (*Althaea*), toutes reconnues pour leurs bienfaits thérapeutiques (Lietava, 1992).

Ces découvertes suggèrent que l'usage des plantes médicinales remonte à plus de 60 000 ans, bien avant que la médecine moderne n'émerge. Elles révèlent une compréhension précoce des propriétés curatives des plantes et leur intégration dans les pratiques de soins des sociétés anciennes (Solecki., et al 1975).

### **I.2.2. Égypte ancienne :**

Dans l'Égypte ancienne, les Égyptiens avaient une approche vraiment fascinante et complexe des plantes médicinales, comme le montrent les anciens papyrus médicaux qu'on a découverts. Prenons par exemple le Papyrus Ebers, qui date d'environ 1550 av. J.-C. ; il regorge de recettes à base de plantes comme l'ail, l'oignon, l'aloès et la coloquinte. Ces plantes étaient utilisées pour traiter une variété de maladies, allant des troubles digestifs aux infections et aux problèmes de peau (Nunn, 1996 ; El-Sayed et al., 2016).

Les Égyptiens faisaient aussi appel à des préparations naturelles à base de miel, reconnu pour ses propriétés antibactériennes et cicatrisantes, ainsi qu'à des résines et des huiles essentielles pour leurs effets bénéfiques. L'Aloe vera, par exemple, était particulièrement prisée pour soigner les

brûlures et les plaies grâce à ses vertus apaisantes et anti-inflammatoires. De plus, des infusions de camomille et de menthe étaient souvent utilisées pour soulager les troubles digestifs et les douleurs qui y sont liées (Hussein et *al.*, 2013).

En outre, d'autres papyrus, comme le Papyrus de Berlin et le Papyrus Hearst, décrivent une multitude de remèdes pour les maladies oculaires, les inflammations, ainsi que des traitements gynécologiques. Cela témoigne de l'étendue des connaissances des Égyptiens anciens en matière de médecine et de l'utilisation des plantes (Wainwright, 2000).

### **I.2.3. La Mésopotamie (Babylone et assyrie) :**

En Mésopotamie, la médecine était une discipline remarquablement structurée, comme le montre le Code de Hammurabi (vers 1750 av. J.-C.), qui régula de manière stricte la pratique médicale. Ce code fixait des honoraires différents pour les médecins en fonction du statut social des patients, mettant ainsi en lumière une hiérarchie sociale dans l'accès aux soins. De plus, il prévoyait des sanctions sévères en cas de négligence, y compris la mutilation, afin d'assurer la qualité des soins et la protection des patients (Touwaide et Appetiti, 2004; Hammurabi's Code, 2021).

Les tablettes cunéiformes déchiffrées révèlent une pharmacopée riche, utilisant une variété de plantes médicinales pour traiter des problèmes tels que la fièvre, les douleurs corporelles et les infections urinaires. Ces remèdes étaient souvent accompagnés de rituels, illustrant ainsi l'interconnexion entre la médecine et les croyances religieuses et culturelles de l'époque (Research Outreach, 2021).

Cette organisation méticuleuse de la médecine mésopotamienne met en avant non seulement une connaissance approfondie des propriétés médicinales des plantes, mais aussi l'importance d'une régulation juridique pour garantir la responsabilité des praticiens (ISPub, 2007). En outre, les méthodologies ethnobotaniques modernes, comme celles employées dans des études contemporaines en Algérie, peuvent offrir des éclairages précieux sur l'utilisation traditionnelle des plantes médicinales dans divers contextes culturels (Boumerdassi et *al.*, 2022).

### **I.2.4. La Grèce antique**

Dans la Grèce antique, Hippocrate et Dioscoride ont joué un rôle clé dans la systématisation des plantes médicinales. Dioscoride, dans son célèbre ouvrage *\*De Materia Medica\** (1er siècle), a répertorié plus de 600 plantes aux propriétés médicinales. Parmi celles-ci, on trouve :

- L'anis et la menthe, efficaces pour soulager les troubles digestifs.
- L'armoise, utilisée pour combattre la fièvre et les problèmes hépatiques.
- Le thym, reconnu pour ses vertus antiseptiques.
- La lavande, prisée pour apaiser les troubles nerveux

Ces plantes étaient non seulement utilisées pour traiter des maladies physiques, mais aussi pour des affections mentales, s'inscrivant dans un système médical fondé sur les humeurs. (Dioscoride, 2005 ; Jouanna, 1999).

### **I.2.5. Le monde arabo-islamique**

Au cours de l'âge d'or de la civilisation arabo-islamique, qui s'étend du VIII<sup>e</sup> au XIII<sup>e</sup> siècle, les érudits musulmans ont véritablement enrichi le domaine médical en intégrant les plantes médicinales dans leurs pratiques. Avicenne, connu sous le nom d'Ibn Sina, a rédigé son célèbre ouvrage, *Le Canon de la Médecine*, où il a décrit plus de 760 substances d'origine végétale, en détaillant leurs effets, dosages et usages médicaux, le tout basé sur une méthode rigoureuse d'observation et d'expérimentation (Azzam 2022). De son côté, Al-Razi, ou Rhazès, a fait des avancées notables en identifiant des maladies telles que la variole et la rougeole, tout en utilisant des remèdes à base de plantes et de substances chimiques, en mettant l'accent sur l'importance de la méthode expérimentale (Al-Kazemi 2021). Ibn al-Baytar a rassemblé dans son ouvrage *Kitāb al-Ġāmi' li-mufradāt al-adwiya wa-l-aġdiya* plus de 1 400 remèdes naturels, principalement des plantes, en décrivant avec soin leurs propriétés médicinales et leurs applications thérapeutiques (Ben Youssef 2020).

### **I.2.6. Afrique du Nord et Algérie**

En Afrique du Nord, et particulièrement en Algérie, l'utilisation des plantes médicinales fait partie intégrante des traditions populaires depuis des temps immémoriaux. Les Berbères, qui sont les premiers habitants de cette région, avaient une connaissance approfondie des plantes locales comme l'armoise, le romarin, le thym, la nigelle et le myrte (Bellakhdar, 1997).

Avec l'arrivée de l'islam, cette tradition a été enrichie par les contributions de savants arabes tels qu'Ibn Sina et Al-Zahrawi. Aujourd'hui encore, en Algérie, la médecine traditionnelle s'appuie sur l'utilisation de ces plantes pour traiter divers problèmes de santé, allant des troubles digestifs aux infections, en passant par les maladies respiratoires et cutanées (Benhouhou, 2005).

Des régions comme les Aurès, la Kabylie ou le Hoggar possèdent une pharmacopée locale qui se transmet de manière orale, notamment grâce aux guérisseurs et aux herboristes. On y trouve couramment des plantes comme le fenugrec, le lentisque, le caroubier, et même la lavande sauvage (Hammiche & Maiza, 2006).

Des recherches ethnobotaniques récentes, notamment dans des mémoires universitaires, mettent en lumière la richesse de cette tradition en Algérie et soulignent l'importance de la préserver en tant que patrimoine médicinal (Merzouki et *al.*, 2000).

### **I.3. Les Métabolites secondaires**

#### **I.3.1. Les Saponines**

Les saponines sont des glycosides naturels que l'on trouve un peu partout dans le règne végétal, surtout dans des familles comme les Fabaceae. Grâce à leur structure amphiphile, elles possèdent des propriétés tensioactives qui leur permettent de créer des mousses dans des solutions aqueuses. Ces caractéristiques ont été explorées dans le cadre des émulsions stabilisées par les saponines, mettant en lumière leur rôle dans la formation de couches d'adsorption solides à l'interface huile-eau, ce qui a un impact sur les propriétés rhéologiques des émulsions (Majnooni et *al.*, 2023).

En plus de leurs propriétés tensioactives, les saponines affichent une variété d'activités biologiques, comme des effets hémolytiques, immunostimulants, hypocholestérolémiants et antiviraux. Des recherches ont révélé que certaines saponines, notamment celles extraites de *Trillium govianum*, peuvent avoir des effets anticancéreux en provoquant l'apoptose des cellules tumorales (Khan et *al.*, 2022; Lone et *al.*, 2023).

#### **I.3.2. Les Glycosides:**

Les glycosides sont des composés naturels que l'on trouve dans de nombreuses plantes médicinales, comme la digitale, la camomille et le houblon. Ils se forment lorsque un sucre se lie à une autre molécule, appelée aglycone. Ces composés possèdent une variété d'effets, y compris des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et anticancéreuses (Wang Xiaoxia et *al.*, 2015). On les utilise souvent dans le traitement des maladies cardiaques, grâce à leur capacité à réguler l'activité cardiaque (Vogler Bernhard K., 2004).

### **I.3.3. Les Anthraquinones**

Les anthraquinones sont des composés aromatiques que l'on trouve dans des plantes comme le séné, la rhubarbe et l'aloès (Guo Ying et *al.*, 2013). Elles agissent principalement comme des laxatifs stimulants, en augmentant la motilité intestinale et la sécrétion d'eau dans le côlon (Al-Snafi Ali E., 2015). En plus de cela, elles ont montré des propriétés antimicrobiennes et sont utilisées pour traiter certaines infections gastro-intestinales (O'Hara Mark et *al.*, 2006). De plus, elles présentent un potentiel anticancéreux en inhibant la prolifération des cellules tumorales dans plusieurs études *in vitro* (Al-Snafi Ali E., 2015).

### **I.3.4. Les Coumarines**

Les coumarines sont des composés organiques aromatiques que l'on trouve dans des plantes comme le mélilot, la lavande et le fenouil. Elles dégagent un parfum agréable et sont réputées pour leurs propriétés anticoagulantes, antispasmodiques et anti-inflammatoires. Des recherches ont révélé que les coumarines peuvent être bénéfiques pour traiter des problèmes circulatoires et des douleurs musculaires (Sharifi-Rad et *al.*, 2021).

### **I.3.5. Les Flavonoïdes:**

Les flavonoïdes sont des pigments naturels qui apportent de belles couleurs aux fruits, aux fleurs et aux légumes. Ils sont dotés de puissantes propriétés antioxydantes, ce qui leur permet de protéger nos cellules des dommages causés par les radicaux libres (Panche et *al.*, 2016). En plus de cela, les flavonoïdes ont des effets bénéfiques sur l'inflammation et la santé cardiovasculaire. Ils sont également utilisés pour renforcer notre système immunitaire et aider à prévenir les maladies chroniques (Kumar & Pandey, 2013).

### **I.3.6. Les Cinnam-aldéhydes :**

Le cinnamaldéhyde est le principal composé actif que l'on trouve dans l'huile essentielle de cannelle. Ce composé est reconnu pour ses propriétés antimicrobiennes, antifongiques et antioxydantes. Des études ont révélé que le cinnamaldéhyde pourrait être efficace pour traiter les infections cutanées ainsi que certains troubles digestifs (Ranasinghe et *al.*, 2013).

### **I.3.7. Les Alcaloïdes**

Les alcaloïdes sont des composés organiques riches en azote, que l'on trouve dans de nombreuses plantes médicinales, comme le pavot, qui donne la morphine, et la belladone, source

d'atropine. Ces substances ont des effets pharmacologiques puissants et sont souvent utilisées pour traiter la douleur, les troubles du système nerveux et certaines maladies cardiaques (Perry, Blunt, Munro, & Jenkins, 1999; Bribi, 2018).

Prenons l'atropine, par exemple. C'est un alcaloïde tropanique extrait de la belladone (*Atropa belladonna*) et elle est utilisée comme anticholinergique pour traiter diverses affections médicales. Son fonctionnement repose sur le blocage des récepteurs muscariniques de l'acétylcholine, ce qui provoque une augmentation du rythme cardiaque, une dilatation des pupilles et une diminution des sécrétions corporelles. L'atropine est particulièrement utile dans le traitement de la bradycardie, comme antidote aux poisons organophosphorés, et pour dilater les pupilles lors d'examen ophtalmologiques (Perry, Blunt, Munro, & Jenkins, 1999).

### **I.3.8. Les Terpènes**

Les terpènes sont des hydrocarbures que l'on trouve dans de nombreuses huiles essentielles, comme celles du pin, de l'eucalyptus et de la menthe poivrée. Ils sont à l'origine des arômes distinctifs de ces plantes et possèdent des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antivirales (Bastos, Carvalho, Amarante, et Filho, 2012).

En plus de cela, les terpènes agissent comme antioxydants, protégeant ainsi les cellules du stress oxydatif. Certains d'entre eux, comme le limonène et le pinène, sont même utilisés en aromathérapie pour favoriser la respiration et diminuer l'anxiété (Marques, dos Santos, et de Souza, 2016).

La menthe poivrée (*Mentha × piperita*) est une plante herbacée appartenant à la famille des Lamiacées. Elle renferme une forte concentration de menthol, ce qui lui donne ses propriétés rafraîchissantes et analgésiques. L'huile essentielle de menthe poivrée est souvent utilisée pour apaiser les douleurs musculaires, les maux de tête, ainsi que les troubles digestifs comme le syndrome de l'intestin irritable. De plus, elle possède des propriétés antioxydantes, antivirales et antibactériennes (Bastos *et al.*, 2012).

### **I.3.9. Les Polysaccharides**

Les polysaccharides sont de longues chaînes de monosaccharides reliés par des liaisons glycosidiques. On les trouve dans plusieurs plantes médicinales comme le ginseng (*Panax ginseng*), le shiitaké (*Lentinula edodes*) et la réglisse (*Glycyrrhiza glabra*). Ces composés jouent un rôle crucial dans le soutien du système immunitaire, en modulant la réponse immunitaire grâce

à l'activation des macrophages, à la stimulation de la production de cytokines (comme l'interleukine-2 et l'interféron- $\gamma$ ) et à l'amélioration de la phagocytose .

Certains polysaccharides, en particulier le  $\beta$ -glucane extrait des champignons médicinaux, ont des propriétés anticancéreuses. Ils favorisent l'apoptose des cellules tumorales, inhibent l'angiogenèse et renforcent la surveillance immunitaire contre les tumeurs. De plus, ils se révèlent particulièrement efficaces dans le traitement des maladies inflammatoires chroniques et des infections gastro-intestinales en régulant le microbiote intestinal (Amina, 2022).

### **I.3.10. Les Tannins**

Les tannins, ces polyphénols solubles dans l'eau, se trouvent dans des plantes médicinales comme le thé vert (*Camellia sinensis*), l'écorce de chêne (*Quercus robur*) et les noix de galle. Grâce à leur pouvoir astringent, ils aident à resserrer les tissus, ce qui est particulièrement utile pour traiter des problèmes comme les diarrhées, les inflammations buccales et les hémorroïdes .En plus de cela, ils possèdent une forte activité antimicrobienne, empêchant la croissance de diverses bactéries nuisibles en perturbant leur membrane cellulaire. Leur capacité antioxydante est également précieuse, car elle neutralise les radicaux libres qui causent le stress oxydatif, protégeant ainsi les tissus contre le vieillissement prématuré et les maladies chroniques. En phytothérapie, les tannins sont souvent appliqués localement pour favoriser la guérison des plaies, des brûlures et des ulcères cutanés (Ali Boutlelis, 2023).

## **I.4. Méthodes d'utilisation des plantes médicinales**

### **I.4.1. Infusion**

L'infusion, c'est tout simplement le fait de verser de l'eau chaude sur les parties tendres des plantes, comme les feuilles et les fleurs, pour en extraire les composés volatils et hydrosolubles (Benkhnigue, 2016).

### **I.4.2. La décoction**

La décoction, quant à elle, est une méthode qui consiste à faire bouillir longtemps les parties dures des plantes, comme les racines, les tiges et les écorces. Cela permet de libérer des principes actifs qui ne se dissolvent pas bien dans l'eau froide (Brahmi et *al.*, 2017).

### **I.4.3. La macération**

La macération, c'est un processus où l'on fait tremper à froid les plantes dans un solvant, que ce soit de l'eau, de l'alcool ou de l'huile, pendant un certain temps. Cette technique est idéale pour les substances sensibles à la chaleur (Boudjelal et *al.*, 2013).

### **I.4.4. La poudre**

On peut aussi sécher les plantes et les réduire en une fine poudre, ce qui permet de les conserver plus longtemps et de les utiliser par voie orale ou topique (Kadri et *al.*, 2010).

### **I.4.5. Le cataplasme**

le cataplasme consiste à appliquer directement sur la peau une plante broyée ou écrasée pour soulager des douleurs, des inflammations ou des infections cutanées. Cette méthode aide à faire pénétrer les composés actifs à travers la peau (Floch et *al.*, 2010).

## **I.5. Impact des plantes médicinales sur la santé publique**

Les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans la santé publique, surtout dans les zones rurales et les pays en développement, où elles offrent une alternative à la fois abordable et accessible aux médicaments modernes. D'après (Elenbaas 2018), ces plantes sont utilisées depuis des siècles pour traiter des affections courantes telles que les infections respiratoires, les troubles digestifs et les douleurs chroniques. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a même estimé que 80 % de la population mondiale a recours aux plantes médicinales à un moment de sa vie, ce qui met en lumière leur importance dans les soins de santé primaires.

De plus, l'intérêt pour les plantes médicinales ne cesse de croître dans les systèmes de santé modernes, où elles sont souvent intégrées comme traitements complémentaires. (Bodeker et *al.* 2017) ont noté que dans certaines régions, la phytothérapie fait partie des stratégies de santé publique, notamment pour gérer les maladies chroniques et réduire la surconsommation d'antibiotiques. Certaines plantes, comme l'échinacée, sont actuellement à l'étude pour leur potentiel à renforcer le système immunitaire et prévenir les infections respiratoires, surtout pendant les épidémies saisonnières de grippe.

Cependant, malgré tous ces avantages, il est essentiel de réglementer l'utilisation des plantes médicinales pour éviter les risques liés à une mauvaise utilisation. Les informations concernant les dosages et les indications doivent être facilement accessibles, et il est crucial que les professionnels

de santé soient formés pour intégrer la phytothérapie dans leurs pratiques cliniques (Helali et al., 2020; Azzi et al., 2019).

## **I.6. Dangers et contre-indications des plantes médicinales**

Bien que les plantes médicinales puissent être une alternative naturelle aux médicaments chimiques, elles comportent aussi des risques non négligeables, surtout si elles sont mal utilisées ou mal dosées. Une étude menée par Michael Sims, Marc J. Leach et Edzard Ernst en 2020 a révélé que certaines de ces plantes contiennent des toxines naturelles qui, si ingérées en trop grande quantité ou sur une longue période, peuvent entraîner des effets indésirables graves. Par exemple, le millepertuis, qui est souvent utilisé pour traiter la dépression légère, peut diminuer l'efficacité de certains médicaments comme les anticoagulants ou les contraceptifs oraux, ce qui augmente le risque d'effets secondaires (Sims et al., 2020).

De plus, ont noté que des contaminants présents dans les plantes médicinales, tels que les métaux lourds ou les pesticides, peuvent nuire à leur sécurité. Il est donc essentiel que les consommateurs choisissent des produits certifiés et que les producteurs respectent des normes strictes de qualité et de sécurité. Certaines plantes peuvent également être contre-indiquées pour les personnes souffrant de maladies spécifiques, comme l'hypertension, les troubles cardiaques ou les maladies rénales. Par exemple, des plantes comme le ginseng et le fenugrec peuvent avoir des interactions négatives avec des médicaments antihypertenseurs (Amin et al., 2019).

Ainsi, même si les plantes médicinales peuvent être bénéfiques, il est conseillé de consulter un professionnel de santé avant de commencer tout traitement à base de plantes, surtout si la personne suit déjà un traitement médical (Sims et al., 2020)

## **I.7. Facteurs influençant la qualité des plantes médicinales**

La qualité des plantes médicinales repose sur plusieurs éléments clés, comme les conditions de culture, le moment de la récolte, ainsi que les techniques de séchage et de stockage. En effet, des conditions de culture idéales, telles qu'un sol fertile, un climat approprié et l'absence de pollution, permettent d'obtenir une concentration plus élevée de principes actifs bénéfiques (Li, Zhang, Wang, et Chen, 2024). De plus, le timing de la récolte est essentiel : certaines plantes, comme la camomille et la lavande, doivent être cueillies à leur apogée de floraison pour garantir une qualité optimale (Zhang, Wider, Shang, Li, et Ernst, 2012).

Les méthodes de séchage et de conservation jouent également un rôle crucial dans la qualité finale des plantes médicinales. Un séchage mal effectué peut altérer les composés actifs, diminuant ainsi l'efficacité des extraits. En outre, la pollution environnementale, notamment la présence de métaux lourds dans l'air ou l'eau, peut mettre en péril la sécurité et les propriétés thérapeutiques des plantes (Husen, 2021).

Pour assurer la qualité des plantes médicinales, il est fondamental d'adopter des pratiques agricoles durables et de maintenir un contrôle strict tout au long de la chaîne de production, depuis la culture jusqu'à la transformation. Il est également crucial d'éduquer les producteurs et les consommateurs sur ces enjeux pour préserver l'efficacité et la sécurité des remèdes à base de plantes.

## I.8. Généralités sur la plante étudiée *Hertia cheirifolia*

### I.8.1. Famille des Asteraceae

L'une des plus grandes familles de plantes est celle des Asteraceae, qui regroupe environ 25 000 espèces à travers le monde. Ces plantes se reconnaissent facilement grâce à leurs inflorescences capitulées, qui semblent être une seule fleur, alors qu'elles sont en fait composées de nombreuses petites fleurs appelées fleurons. On trouve cette famille surtout dans les régions tempérées et méditerranéennes, où l'on peut croiser des espèces comme le Pissenlit, la Marguerite, le Tournesol et l'Armoise. En revanche, elle est moins fréquente dans les zones tropicales denses ou polaires. Lors de l'herborisation, on peut découvrir plusieurs espèces de cette famille, comme le Tussilage et le Chardon-Marie, ainsi que la Camomille, l'Armoise et le Bleuet. Les Asteraceae sont largement utilisées en phytothérapie, cosmétique et nutrition, intégrant des plantes médicinales ou aromatiques telles que la Camomille romaine, l'Arnica, le Pissenlit, la Chicorée et le Tournesol. Certaines variétés sont également prisées pour leurs propriétés curatives, y compris leurs huiles essentielles, ainsi que pour leurs effets bénéfiques sur la digestion et leurs caractéristiques anti-inflammatoires. (Funk, V. et al. 2009), (Heywood, V. et al. 2007)

### I.8.2. Généralités sur le genre de *Hertia cheirifolia* (L.)

*Hertia* (L.) est un genre qui fait partie de la famille des Asteraceae, une grande famille botanique regroupant une variété impressionnante de plantes herbacées et ligneuses (Bouriche et al., 2016). Ce groupe comprend de nombreuses espèces, dont *Hertia cheirifolia* (L.) est l'une des plus connues. On trouve principalement cette espèce dans les régions méditerranéennes et en Afrique du Nord (Kada et al., 2017). Les espèces du genre *Hertia* (L.) sont adaptées pour s'épanouir dans des environnements secs, et les plantes qui le composent sont souvent des succulentes vivaces. (Kada et al., 2017)(Figure 01).



**Figure 01:**Répartition de la plante *Hertia cheirifolia* (L.) dans le monde (gbif .org ).

Ces plantes ont une incroyable capacité à retenir l'humidité, ce qui leur permet de survivre même dans des environnements arides. Elles se distinguent par leurs inflorescences en forme de capitules, une caractéristique typique de la famille des Asteraceae (Ameddah et *al.*, 2005). En plus de leur robustesse, ces plantes sont souvent utilisées pour embellir les jardins méditerranéens, grâce à leur aptitude à s'adapter aux conditions climatiques de ces régions. *Hertia cheirifolia* (L.) est particulièrement remarquable avec la forme de ses feuilles, qui lui confère une grande résistance aux conditions sèches et aux variations de température que l'on trouve dans les zones méditerranéennes. (Bouriche et *al.*, 2016).

- **Adaptation à l'environnement**

*Hertia cheirifolia* (L.) est parfaite pour les sols pauvres et les climats arides. Elle résiste à des conditions météorologiques extrêmes, y compris les gelées, et s'adapte facilement aux environnements venteux ou salins.. (Iamonico et El Mokni, 2021)

### **I.8.3. La plante médicinale *Hertia cheirifolia* (L .)**

La plante *Hertia cheirifolia* (L.) qui appartient à la famille des Asteraceae, se trouve en grande quantité dans les régions méditerranéennes d'Afrique du Nord, notamment en Algérie et en Tunisie. Elle préfère les sols calcaires et s'épanouit dans des zones où le climat est semi-aride et le terrain rocailleux (Khelifi et *al.*, 2019). Grâce à des analyses chimiques des huiles essentielles extraites de ses parties aériennes, notamment par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, des composés majeurs comme l' $\alpha$ -pinène, le germacrène D et un dérivé

pyrrolique ont été identifiés. Ces substances appartiennent aux familles des monoterpènes et des sesquiterpènes (Mansouri et *al.*, 2018).

C'est grâce à ces molécules que la plante possède les propriétés pharmacologiques qui lui sont reconnues. En outre, les huiles essentielles de *Hertia cheirifolia* (L.) affichent une forte capacité antioxydante, confirmée par divers tests *in vitro*, tels que DPPH, FRAP et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Ces essais soulignent leur efficacité impressionnante dans la neutralisation des radicaux libres (Bouzid et *al.*, 2020). En plus de ces caractéristiques, elles montrent une activité antimicrobienne contre plusieurs bactéries nuisibles, comme *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* et *Enterobacter aerogenes*. Elles possèdent également un effet antifongique contre le champignon phytopathogène *Fusarium oxysporum* (Djellal et *al.*, 2021).

Traditionnellement, cette plante est utilisée dans la médecine populaire nord-africaine pour traiter divers maux, tels que les troubles digestifs, les inflammations et les infections cutanées, grâce à des décoctions préparées avec ses feuilles, reconnues pour leurs propriétés antiseptiques et anti-inflammatoires (Kefi et *al.*, 2017).

#### **I.8.3.1. Constitution chimique de l'huile essentielle de *Hertia cheirifolia* (L.)**

Des études montrent que l'huile essentielle de *Hertia cheirifolia* (L.) contient des composés clés comme l' $\alpha$ -pinène, dont la concentration varie entre 32,59 % et 48,49 %. On trouve également le germacrène D, dont les niveaux oscillent entre 11,37 % et 19,59 %. Parmi les autres éléments notables, on a le 1-[1-méthyl-1-(4-méthylcyclohex-3-én-1-yl)-éthyl] et le 1H-pyrrole, qui représente 28,08 % de la composition. De plus, le 2,3,4,9-tétrahydro-6-méthoxy-1H-pyrido[3,4-b]indol-1-one constitue 3,74 %. Cette huile est particulièrement reconnue pour ses propriétés antioxydantes, son efficacité antibactérienne contre des agents comme *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus pneumoniae*, ainsi que son action antifongique très puissante contre *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. (Zouirech et *al.*, 2023).

#### **I.8.3.2. Description botanique**

C'est une plante vivace qui a une belle forme buissonnante, formant des touffes denses qui mesurent entre 20 et 40 cm de hauteur. Ses tiges (**Figure 02**), qui s'aplatissent un peu à leur base, se redressent vers le sommet et sont partiellement lignifiées en bas. Elles présentent un feuillage épais d'une jolie nuance de vert bleuté (Khouja et *al.*, 2011).



**Figure 02:** La tige de la plante *Hertia cheirifolia*(L.) (Plantes of the world online –Kew science)

- **Structure de la fleur(Figure03)**

Les capitules solitaires, qui mesurent entre 2 et 3 cm de diamètre, portent des fleurs sur des pédoncules sans feuilles. À l'intérieur de ces capitules, on trouve des fleurs jaunes : des ligulées sur le pourtour et des tubulées au centre. (Bahri et al., 2016) La plante produit des akènes surmontés d'un pappus, ce qui aide à leur dispersion par le vent. Ces fruits sont petits, de couleur brune et ont une surface brillante. (Majouli et *al.*, 2020)



**Figure 03:** Structure de la fleur *Hertia cheirifolia* (L.) (Plantes of the world online –Kew science )

### I.8.3.3. Habitat et répartition géographique de *Hertia cheirifolia* (L.)

*Hertia cheirifolia*(L.) Cette plante se trouve uniquement dans les zones semi-arides et steppiques de l'Afrique du Nord, notamment en Algérie et en Tunisie. Elle s'épanouit dans divers habitats tels que les prairies, les terres non cultivées, les pentes rocheuses et le long des routes, où l'on trouve des sols sablonneux, argileux et caillouteux, bien drainés mais pauvres en nutriments. Cela prouve sa capacité à prospérer dans des sols peu fertiles, même en période de sécheresse et de salinité. Elle se situe à des altitudes allant de 5 à environ 1400 mètres au-dessus du niveau de la mer. Sa tolérance à de grandes variations de température entre le jour et la nuit indique une adaptation particulière à son micro-environnement (Iamonico & El Mokni, 2021).

*Hertia cheirifolia* (L.) joue un rôle essentiel dans la stabilisation des sols et la lutte contre l'érosion, surtout dans les zones à topographie irrégulière. Elle contribue également à la diversité végétale en s'intégrant dans des communautés qui comprennent d'autres espèces adaptées aux conditions arides et semi-arides (Belguidoum et al., 2020).

De plus, cette plante démontre une remarquable capacité à résister aux défis environnementaux liés aux variations climatiques, comme les longues sécheresses et les changements dans les schémas de précipitations. Cela en fait un indicateur biologique précieux pour évaluer la santé des écosystèmes locaux (Zouirech et al., 2023).

La distribution limitée de *Hertia cheirifolia* (L.) en Afrique du Nord est influencée par des facteurs écologiques tels que le climat méditerranéen aride et la pauvreté des sols, ainsi que par son parcours évolutif. Cette espèce a su s'adapter aux conditions uniques de cet écosystème, ce qui en fait une espèce spécialisée qui contribue à la stabilité environnementale de la région. (Iamonico & El Mokni, 2021).

### I.8.3.4. Classification d'*Hertia cheirifolia* (L.)

La classification scientifique des espèces *Hertia cheirifolia* L. est présentée dans le tableau suivant (**Tableau 01**). Elle permet de situer cette espèce au sein du règne végétal selon les critères taxonomiques reconnus

**Tableau01:** Classification systématique d'*Hertiacheirifolia* (L.)

<b>Règne :</b> Plantae (Plantes )
<b>Sous-règne :</b> Tracheobionta (Plantes vasculaires)
<b>Division :</b> Magnoliophyta (Plantes à fleurs)
<b>Classe :</b> Magnoliopsida (Dicotylédones)
<b>Ordre :</b> Asterales
<b>Famille :</b> Asteraceae
<b>Genre :</b> <i>Hertia</i>
<b>Espèce :</b> <i>Hertia cheirifolia</i> (L.)

## I.9. Activité insecticide

La stratégie prédominante de lutte repose sur l'usage d'insecticides traditionnels comme les organophosphates et les pyréthrinoïdes, selon (Zahran et al. 2017), qui se basent essentiellement sur des insecticides chimiques. Toutefois, leur usage intensif et constant a entraîné plusieurs désavantages, tels que les répercussions sur les organismes non ciblés et l'environnement présente des risques de contamination ou d'accumulation dans le sol, l'eau et les aliments récoltés. De plus, on note le développement de résistances et les dangers potentiels pour la santé des ouvriers agricoles (Carlos, 2010).

Afin de garantir une intervention optimale tout en protégeant au mieux l'environnement naturel, la recherche constante de nouvelles méthodes préventives et de produits innovants est essentielle. Dans ce contexte, les substances naturelles dotées d'un large spectre d'action en pharmacologie, telles que les agents antipaludiques, bactéricides, fongicides, ou acaricides, peuvent également être employées comme insecticides alternatifs (Benhissen et al., 2019).

L'emploi d'extraits végétaux comme insecticides est une pratique établie de longue date. Ils représentent une excellente alternative aux insecticides chimiques, car ils ont un impact moindre sur l'environnement et sont biodégradables (Gitaari et al., 2018).

### I.9.1. Présentation de l'insecte *Tribolium confusum*

#### I.9.1.1. Origines et répartition géographique

*Tribolium confusum* boasts a vast global distribution. It's found worldwide and is particularly abundant across the entire United States (Anonyme, 1955). According to Lépisme (1944), this species favors temperate regions and extends quite far north into Europe and America, even thriving in cold climates. This insect can be found in nature, not only in Africa but also in regions where it was introduced, often under tree bark (Delobel & Trans, 1993).

#### I.9.1.2. Description de l'insecte

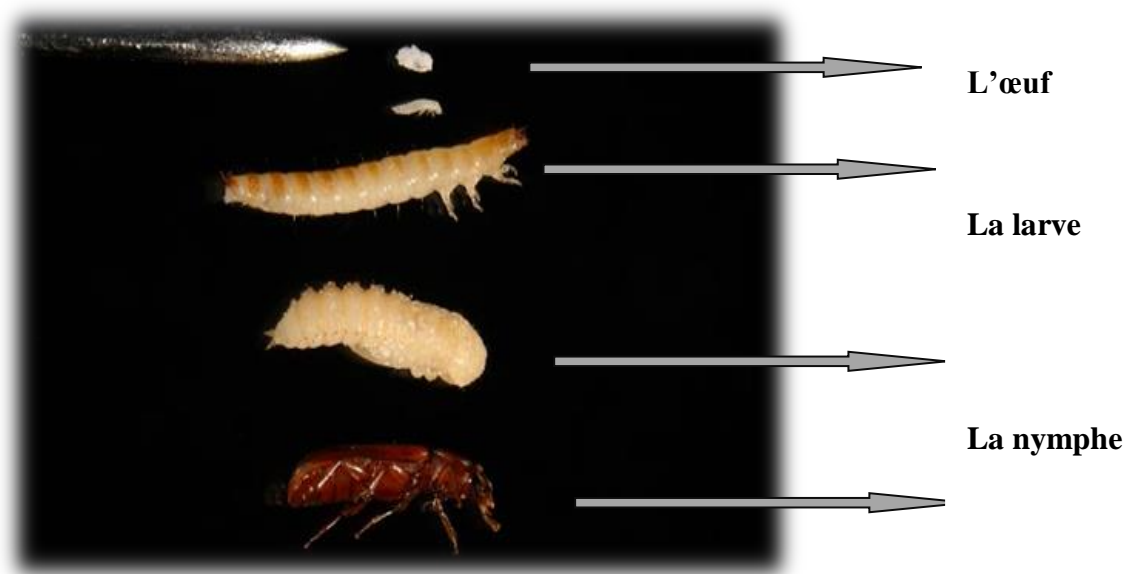
##### ➤ Description des différents stades de *Tribolium confusum*

**L'œuf** : il est oblong et blanchâtre presque transparent. Sa surface est lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée il mesure en moyenne 0.6 x 0.3mm (Lepesm, 1944).

**La larve** : elle est de couleur blanc crème, la tête et l'appendice fourchu situé à l'extrémité de l'abdomen étant nettement plus foncés, particularité qui permet de distinguer les larves et les nymphes de *Tribolium* des larves d'autres coléoptères infestant les grains.

**La nymphe** : elle est blanche et nue les segments de son abdomen sont élargis latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés (Balachowsky, 2010). la nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer.

**L'adulte**: il porte trois paires de pattes attachées aux segments suivant immédiatement la tête .



**Figure04:** Différents stades biologiques *Tconfusum*; L'œuf; L'arve; Nymphe; Adulte Mason,L.

---

# **Chapitre II :**

## **Matériel et Méthodes**

## Chapitre II. Matériel ET Méthodes

### II.1. Matériel

#### II.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est composé de la partie aérienne (tige, feuilles, fleurs) de la plante médicinale : *Hertia CheiriFolia*.(L)

Les parties aériennes de *Hertia CheiriFolia* ( L.) ont été collectées en 13 Avril 2020 dans la région de Bourdj Bou Arreridj le nord-est d'Alger . a été identifié par le Pr .K.Rabbas de l'université de M'sila (Algérie) et déposé dans l'herbier personnel de K.Rabbas.

#### II.1.2. Matériel animal

Le matériel animale utilisé dans notre travail est l'insectes de la blé (*tribolium confusum*), un petit insecte mesurant environ 3 à 4mm de long .Il se caractérise par sa couleur brun-rougeâtre et vit à une température spécifique .Cette espèce est largement utilisée dans les recherches biologiques en raison de la facilité de son élevage, de son cycle de vie court et de sa résistance à diverses conditions environnementales.

### II.2. Méthodes Expérimentale

#### II.2.1. Extraction par Macération

La macération est une méthode d'extraction solide-liquide employée depuis des années pour obtenir les composés chimiques d'une matière solide en le dissolvant dans un fluide.

On a respecté un protocole en y apportant quelques changements : 30 g de la poudre issue de la plante (Feuilles, tiges et fleurs) sont agités à température ambiante pendant 24 heures (deux fois), dans 300 ml de solutions aqueuses de solvants de polarité différente : l'méthanol et l'hexane. Suite au filtrage sur papier filtre, les filtrats obtenus ont été placés dans des boîtes de pétri en verre et mis à sécher dans une étuve pendant 24 heures à une température de 27°C.

Une fois entièrement séché, nous le collectons et le plaçons dans des bouteilles en verre.

#### II.2.2. Extraction l'huile essentielle

Nous pesons 200mg de la plante *Hertia Cheirifolia* (L.) fomes et y ajoutons 1000ml d'eau distillée puis nous plaçons le mélange dans un appareil de clevenger pour extraire l'huile

essentielle et attendu 3heures pour l'extraction de l'huile, au cours de laquelle obtenu environ. (Figure05).

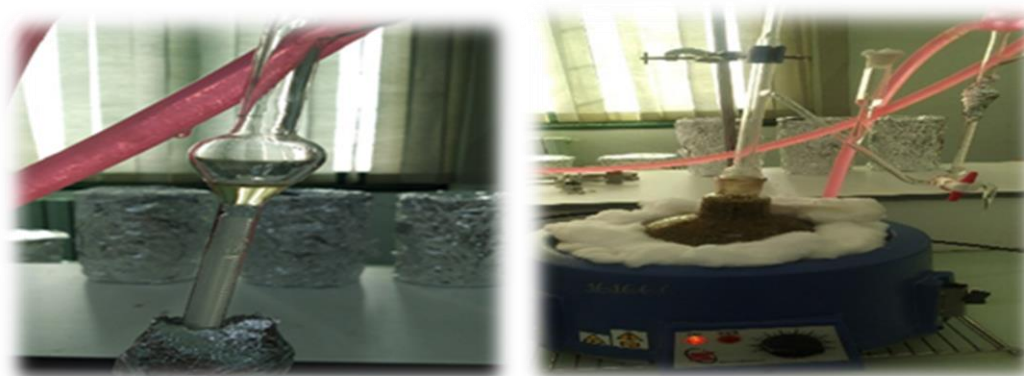
### II.2.3. Détermination du rendement de l'huile essentielle

Pour calculer le rendement en huile essentielle d'une plante, la formule suivante est utilisée :

$$\text{Rendement (\%)} = \left( \frac{\text{Masse d'huile essentielle extraite (g)}}{\text{Masse de la matière végétale sèche (g)}} \right) \times 100$$

Où :

- **Masse d'huile essentielle extraite** : C'est le poids de l'huile pure collectée après le processus d'extraction (par exemple, distillation à la vapeur ou pressage).
- **Masse de matière végétale sèche** : C'est le poids de la matière végétale (feuilles, fleurs, racines, etc.) utilisée au début du processus d'extraction, après avoir été séchée pour éliminer l'humidité.



**Figure 05** :Extraction l'huile essentielle de plante *Hertia cheirifolia(L.)* dans un appareil de clevenger (Photo originale)

### II.2.4. Détermination du rendement de l'extraction

On définit le rendement des extraits comme le rapport entre la quantité d'essence extraite et la masse de matière végétale utilisée .Les données obtenues permettent de déterminer les rendements à chaque période en utilisant la formule suivante. (Abada et Meslou ,2019)

$$\text{Rendement [R(\%)] = (m_{\text{ext}} / m_{\text{mv}}) \times 100}$$

**R%** : rendement d'extraction (%).

**M<sub>ext</sub>** : masse de l'extrait en g.

**M<sub>mv</sub>** : masse de la matière végétale sèche en g.

### II.3. Evaluation des activités biologiques

#### II.3.1. Activité anti-oxydante

TESTE DPPH (2,2-diphényle -1-picrylhydrazyle)

L'activité anti-radicalaire est déterminée spectrophotométriquement par le test DPPH (Blois 1958). Utilisation de l' $\alpha$ -tocophérol, du BHT et du BHA comme standards Antioxydants. Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical libre contenant un électron non apparié sur l'atome du pont d'azote. Pour cela, les molécules radicalaires forment un monomère relativement stable en termes de degré. À température ambiante, il présente une couleur violette en solution et possède une absorption caractéristique comprise entre 512 et 517 nm. Lorsque le radical libre 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) est réduit par des composés anti radicalaires, son absorption à 517 nm diminue, ce qui correspond à la disparition de sa couleur violette dans la solution. Cela peut être mesuré réduction par spectrométrie UV-visible en mesurant l'intensité de la couleur jaune qui il s'agit du produit réduit. Ainsi, plus l'absorption à 517 nm diminue rapidement, plus la présence d'antioxydants efficaces dans le milieu (Molyneux, 2004).

**Extrait végétal** : 4 mg/ml de l'extrait hexanique et (4 mg /ml méthanol) dans diverses concentrations (4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.062 et 0.031 mg/ml).

Le test anti-oxydant a été effectué dans une microplaque ; le volume total des puits est 200  $\mu$ L : 20  $\mu$ L de chaque dilution + 20  $\mu$ L Meoh + 160  $\mu$ L de DPPH / Les concentrations des extraits augmentent du bas en haut. La plaque est incubée pendant 30 min et la lecture est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 517 nm.

### II.3.1.1. Détermination de CI50

La CI50 (Concentration inhibitrice à 50 %) permet de calculer la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50 % du radical libre. Elle est calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés représentant le pourcentage d'inhibition en fonction de différentes concentrations des fractions utilisées. La CI50 est inversement lié à la capacité antioxydant d'un composé. Plus la valeur de la CI50 est basse, plus l'activité antioxydant d'un composé est grande (Bentabet et *al.*, 2014).

### II.3.2. Analyses colorimétriques par spectrophotométrie

#### II.3.2.1. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux est déterminée en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965) selon une méthode de dosage sur microplaque décrite par (Muller et *al.*, 2010). Le réactif FCR, constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>), est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes de tungstène (W<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) et de molybdène (Mo<sub>8</sub>O<sub>23</sub>). La coloration bleue produite est proportionnelle à la teneur en phénols totaux et possède une absorption maximum aux environs de 750 - 765 nm. (Bensouici et *al.*, 2020). Une série de standards d'acide gallique a été élaborée (2mg d'acide dissous dans 10ml d'eau distillée), tout comme une série de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à 7,5 %, dissous dans 100ml d'eau distillée).

Le volume total dans chaque puits s'élève à 200µl : 20µl provenant de chaque dilution (1mg /1ml), plus 100% de FCR, et 75µl de NaCO<sub>3</sub>. Les concentrations des extraits s'accroissent de la partie inférieure vers la supérieure. La plaque est incubée pour une durée de 2heures, et la lecture se réalise à l'aide d'un spectrophotomètre à 765nm.

Le contenu phénolique total des extraits a été calculé en se basant sur l'équation de régression de la courbe d'étalonnage ( $Y = 0,0005x$  ;  $R^2 = 0,993$ ). Les résultats ont été quantifiés en mg d'équivalent d'acide gallique (EAG) par gramme de poids sec (PS), en se basant sur la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (25-500mg /L).

Le calcul du contenu total en polyphénols (CPT) a été réalisé en suivant la formule suivante :

$$Y_{CPT} (\text{mg GAEg}^{-1}\text{dw}) = C_{TPC} \times V/m$$

**V** : volume du milieu d'extraction ; **L** : quantité de matériel sécher.

## II.4. Activités insecticides

### II.4.1. Evaluation de la toxicité par effet contact

Le test est réalisé par l'application topique d'un volume de 1 $\mu$ L (de chacune des doses testées : utiliser une micropipette de 2 $\mu$ L) (2,5 $\mu$ L pour l'extrait) utiliser une micropipette de 5 $\mu$ L) prélevée par micropipette sur le pronotum de chaque insecte. Les insectes traités sont placés dans des boîtes de Pétri en verre, puis mises après à l'étuve à 28°. Le comptage du nombre d'insectes morts se fait après 24, 48, 72, et 96h (**Figure 06**).

#### ➤ Par l'huile essentielle

Préparation des différentes doses pour le test contact : Pour préparer un volume de 1ml. (**Tableau 02**).

#### ➤ Par l'extrait

- Les doses des extraits (**Tableau 03**)

**D1**-0 mg (témoin) il y a seulement le solvant.

**D2**-1mg de l'extrait sec et 1ml du solvant utilisé.

**D3**-2,5mg de l'extrait sec et 1ml du solvant utilisé.

**D4**-5 mg de l'extrait sec et 1ml du solvant utilisé.

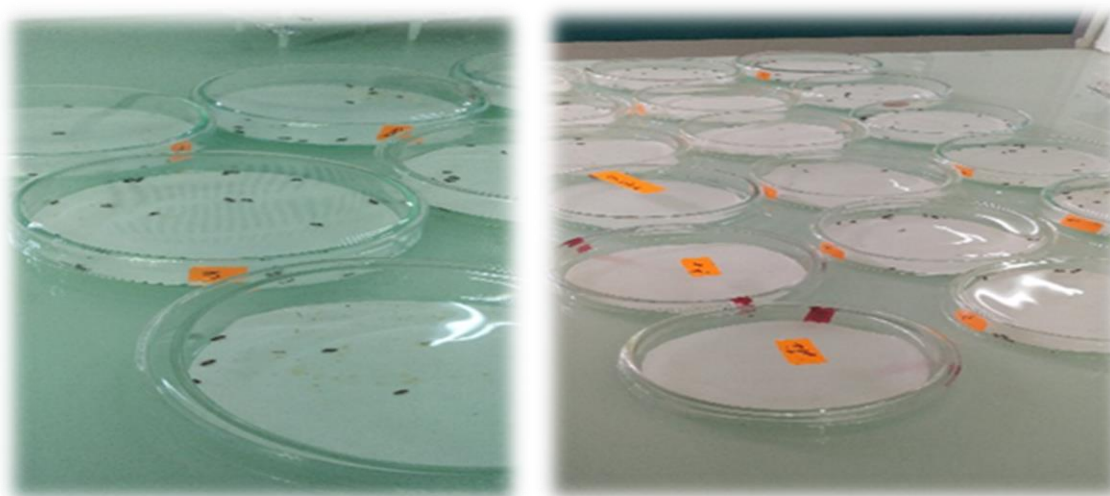
**D5**-10mg de l'extrait sec et 1ml du solvant utilisé.

**Tableau 02:** Les doses utilisées dans le test contact pour l'huile essentielle

Concentration	1%	2%	4%	8%	10%	Pipette utilisée
Volume Huile Essentielle ( $\mu$ L)	10	20	40	80	100	$\mu$ pipette de 100 $\mu$ L réglable
Volume acétone ( $\mu$ L)	990	980	960	920	900	$\mu$ pipette de 1000 $\mu$ L réglable

**Tableau 03:** Les 5 doses utilisées dans le test contact et répulsion pour l'extrait hexanique et méthanolique.

Concentration	1%	2%	4%	8%	10%	Pipette utilisée
Extrait végétale (mg)	1	2,5	5	10	20	pipette de 100 $\mu$ L réglable
Volume acétone ( $\mu$ L)	1	1	1	1	1	pipette de 1000 $\mu$ L réglable



**Figure 06:** Dispositif expérimental du traitement par contact des insectes avec l'extrait méthanolique de la plante *Hertia cheirifolia*(L.) (Photo originale).

#### II.4.2. Evaluation de la toxicité par effet répulsion

Ce test est réalisé en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre (papier buvard), décrite par (Mc Donald et *al.*,1970).

Le principe de ce test consiste à placer les disques du papier filtre ou Wattman de 8,5 cm dans chaque boîte de pétri en verre après avoir été découpés en deux parties égales, 4,5cm de diamètre

chacune .une moitié de chaque disque et imprégné de 600 µL de l'extrait avec de l'acétone à l'aide d'une micropipette de 1000µL, tandis que l'autre moitié, seul 600µL d'acétone a été utilisée. Une fois le solvant évaporé, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstituer est placé dans une boîte de pétri et un lot de 20 insectes adultes a été placé au centre de chaque disque.

Le nombre d'insectes présents sur la partie de papier filtre traitée par les extraits et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone ont été relevés au bout d'une, deux heures et après quatre heures. **(Figure07)**

Le pourcentage de répulsion (**PR**) a été calculé en utilisant la formule suivante (Mc Donaldet *al.*, 1970) : Pourcentage de répulsion (**PR**)% =  $\left[ \frac{(NC-NT)}{(NC +NT)} \right] * 100$

NC : le nombre d'insectes présents sur la partie du papier non traitée. NT : le nombre d'insectes présents sur la partie du papier traitée avec les différentes doses.

D'après la classification suggérée par Mc Donald et ses associés (Tapondjou et al., 2003), le taux moyen de répulsion est distribué en six catégories, la classe 0 étant celle qui renferme moins de 0,1% de répulsion. **(Tableau04)**, Cela se résume de la manière suivante :

**Tableau 04:**Pourcentages répulsifs selon le classement de (Mc Donald et al.,1970).

<b>Classes</b>	<b>Intervalle de répulsion</b>	<b>Propriétés</b>
<b>Classes 0</b>	$PR \leq 0,1 \%$	N'est pas répulsive
<b>Classes I</b>	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Très faiblement répulsive
<b>Classes II</b>	$20 \% < PR \leq 40\%$	faiblement répulsive
<b>Classes III</b>	$40\% < PR \leq 60\%$	Modérément répulsive
<b>Classes IV</b>	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsive
<b>Classes V</b>	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsive



**Figure 07:**Dispositif expérimentale du traitement par répulsif des insectes (Photo originale).

### II.4.3. Méthodes d'analyse des données

Les données brutes recueillies au cours de nos expériences subissent une manipulation ultérieure prenant en compte les potentielles causes de décès.

#### II.4.3.1. Détermination de doses létales (DL 50)

On évalue l'efficacité d'un poison en se basant sur sa DL50 , qui représente la quantité de substance toxique entraînant le décès de 50% des sujets d'un groupe .L'équation de la droite de régression des probits , qui représente les pourcentages de mortalité ajustés en fonction des concentration du traitement , permet de déterminer la DL50 .Nous employons la formule de Schneider ainsi que le tableau des probits afin de calculer la dose correspondant à un probit de 50% de mortalité .(Wabo-poné ,2005) .

#### II.4.3.2. Détermination de temps létaux (TL 50 %)

On évalue l'efficacité d'un poison en se basant sur sa TL50, qui représente le temps requis pour entrainer la mort de 50% des sujets d'un group. L'équation de régression des probits, qui ajuste les pourcentages de mortalités en fonction des temps de traitement, sert à déterminer la TL50 .Nous utilisons la formule de Schneider ainsi que le tableau des probits pour calculer la dose associée à un probit de 50% de mortalité. (Wabo-poné, 2005).

## II.5. Evaluation de l'activité antibactérienne

La méthode employée pour évaluer l'activité antibactérienne de notre extrait est l'antibiogramme ou la méthode de diffusion en milieu gélosé en utilisant des disques stériles (Cavall et *al.*,2006). Cette méthode permet d'évaluer l'activité inhibitrice d'un agent antibactérien en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition autour du disque contenant l'extrait à tester .Les étapes principales comprennent :

### II.5.1. Revivification et repiquage des espèces bactériennes

La revivification des souches bactériennes constitue une étape préalable essentielle avant toute utilisation, car les souches conservées sont inactives .Cette opération vise à obtenir une culture jeune, pure, et composée de colonies bien isolées, nécessaires à la préparation de l'inoculum .Pour ce faire, les souches sont ensemencées par striation sur des boîtes de pétri, puis incubées à 37°C pendant 24 heures.

Les cultures bactériennes ainsi obtenues sont ensuite repiquées sur de nouvelles boîtes de pétri contenant le milieu Müller–Hinton, toujours par la méthode des stries, et incubées à 37°C pendant 24 heures dans une étuve.

L'efficacité des agents testés a été évaluée sur des souches bactériennes de référence, appartenant à la collection type américaine (ATCC-American Type Culture Collection).(Tableau 05.)

**Tableau 05:**Caractéristiques des souche bactériennes utilisées.

NOM DE BACTERIES	GRAM	CODE
<i>Escherichia coli</i>	Gram-	ATCC25922
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram +	ATCC25935
<i>Pseudo-aeuruginos</i>	Gram -	ATCC 27823
<i>Bacillus cereus</i>	Gram +	ATCC14579

### II.5.2. Préparation de l'inoculum bactérien

L'inoculum bactérien est préparé à partir de colonies jeunes, cultivées depuis 18 à 24 heures, et resuspendues dans une solution d'eau physiologique stérile (NaCl 0,9%). Les colonies sont

prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile, puis soigneusement homogénéisées dans la solution afin d'obtenir une suspension uniforme. La densité optique (DO) de la suspension est ajustée à une valeur comprise entre 0,2 et 0,3 à 620 nm, correspondant à une concentration estimée de  $10^7$  UFC/ml.

### II.5.3. Préparation des disques d'aromatogramme

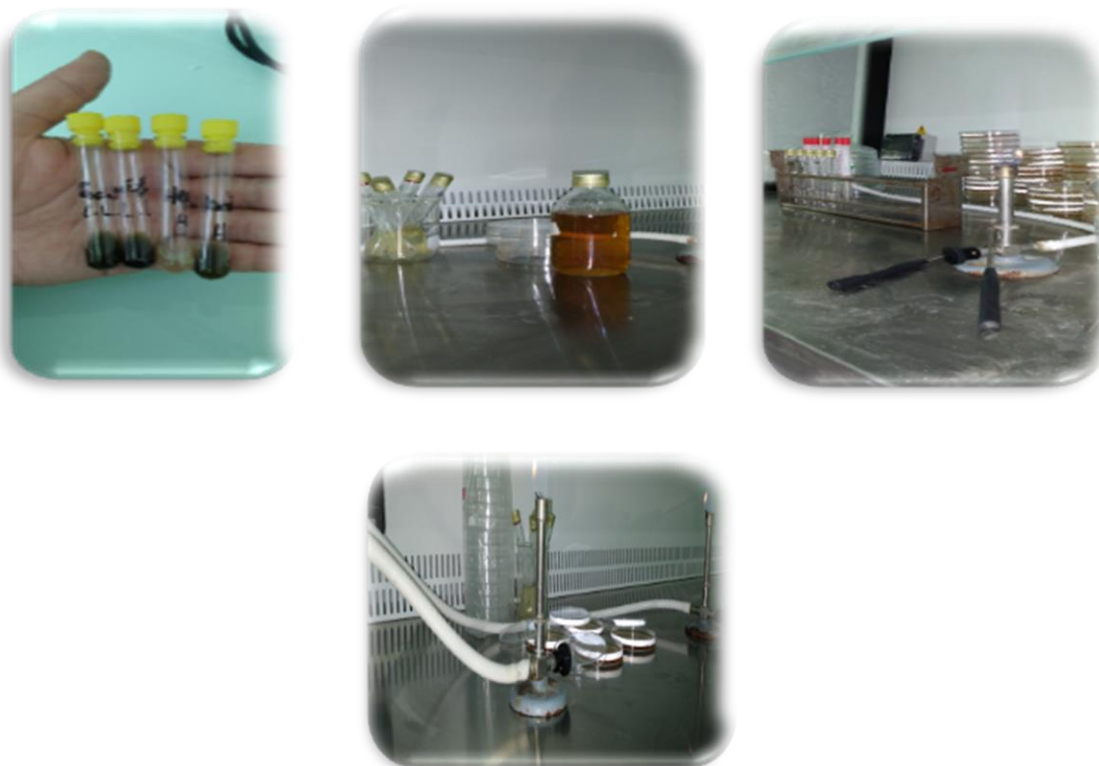
Des disques de papier Whatman stériles (6mm de diamètre), préalablement stérilisés par autoclavage à 120°C pendant 15 minutes, sont imprégnés de 5µL de l'extrait naturel à tester. Des disques imprégnés d'antibiotiques spécifiques à chaque souche bactérienne sont également utilisés à titre de contrôle positif. (Figure08)



**Figure 08:**Préparation des disques d'aromatogramme .

### II.5.4. Préparation des milieux de culture

La gélose Mueller –Hinton stérile prête à l'emploi est versée dans des boîtes de pétri stériles de 90mm de diamètre, à raison d'une épaisseur uniforme de 4mm. Les boîtes sont ensuite laissées à solidifier avant leur utilisation.(Figure09).



**Figure 09:**Préparation de milieu de culture (Photo originale ).

### II.5.5. Ensemencement

Des boîtes de pétri stériles, préalablement préparées, ont étéensemencées par étalement à l'aide d'un râteau stérile, de manière à assurer une répartition homogène des bactéries sur la surface du milieu .à l'aide d'une pince stérile, les disques imprégnés des produits à tester ont été déposés soigneusement sur la géloseensemencée. L'ensemble a ensuite été incubé à 37°C pendant 24heures.

### II.5.6. Expression des résultats

Après l'achèvement de la période d'incubation, la lecture du diamètre de la zone d'inhibition se fait comme suit (Moreira et *al*, 2005) :

- Non sensible (R) pour un diamètre de 10mm.
- Sensible (S) pour un diamètre entre 10 et 14mm.
- Très sensible pour un diamètre entre 15et 19 mm.

- Extrêmement sensible pour un diamètre plus de 20 mm.



**Figure 10:**Etapes d'ensemencement des bactéries et dépôt des disques (Photo originale).

---

# **Chapitre III :**

## **Résultats et Discussion**

## Chapitre III. Résultats et discussion

Le but principal de cette étude est d'approfondir l'analyse phytochimique de la plante *Hertia Cheirifolia*. De plus évaluer ses propriétés antioxydante, insecticide et antibactérienne afin de mieux comprendre ses possibilités thérapeutiques et ses applications concrètes.

### III.1. Détermination du rendement de l'extraction

Le rendement d'extraction revêt une importance primordiale dans l'analyse des extraits des plantes, car il révèle l'efficacité avec laquelle les composés actifs sont récupérés à partir du matériel végétal. Un rendement d'extraction élevé témoigne d'une extraction efficace des composés recherchés, tandis qu'un rendement plus faible peut signaler des inefficacités dans le processus d'extraction ou une concentration réduite de composés actifs dans le matériel végétal.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'extraction de la plante étudiée *Hertia Cheirifolia*.(L.) par macération avec 300 ml de Méthanol et de l'hexane (**Tableau 06**).

**Tableau 06:** Rendement d'extraction de les deux plante.*Hertia Cheirifolia*.(L. )

Plante	Solvant	M extrait	M mv	Rendement[R(%)= (mext/ mmv) x 100]
<i>Hertia CheiriFolia</i> .(L)	Méthanol	12,55	30	41.83%
	Hexane	2,49	30	8.30%
<b>mext:</b> masse de l'extrait en g. <b>Mmv:</b> masse de la matière végétale en g				

### Détermination du rendement de L'huile essentielle

La valeur de l'huile extraite de la plante a été calculée et le résultat est présenté dans le tableau suivant (**Tableau 07**):

<b>Tableau 07:</b> Rendement de L'huile essentielle <i>Hertia Cheirifolia</i> .(L. )			
<b>Plante</b>	<b>Masse d'huile essentielle extraite (g)</b>	<b>Masse de matière végétale sèche (g)</b>	<b>Rendement (R%)</b>
<i>Hertia CheiriFolia</i> .(L.)	2,1 g	200g	1.05%

### III.1.1. Résultats d'analyse quantitative

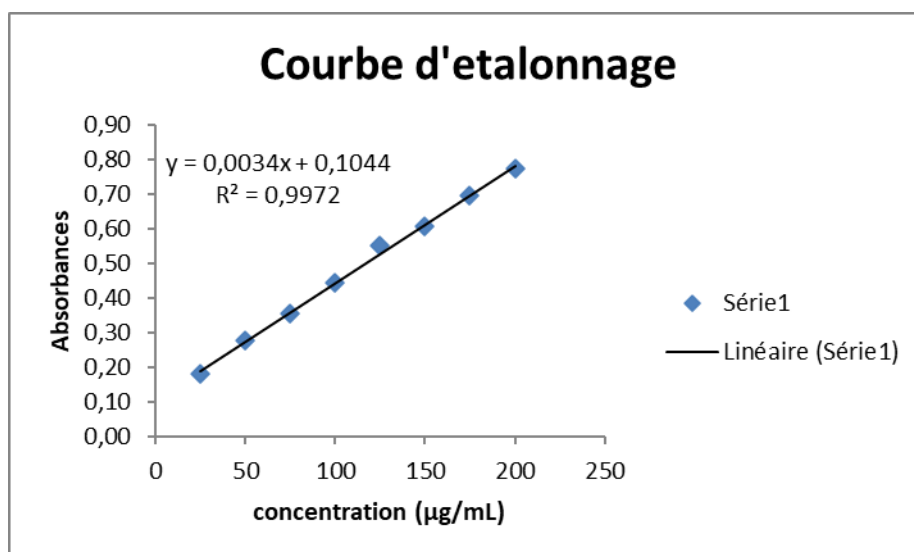
#### III.1.1.1. Dosage des composés phénoliques

Taux global de polyphénols a été mesuré dans les deux extraits à l'aide de la spectrophotométrie UV/Vis .De la quantification des composés phénoliques dans l'extrait a été réalisée en utilisant diverses concentrations d'acide gallique préparées à partir d'une solution mère .La quantité globale de polyphénols est calculée en appliquant l'équation de régression de la courbe d'étalonnage établie à partir de l'acide gallique .Cette équation est formulée en microgrammes d'acide gallique équivalent par milligramme d'extrait ( $\mu\text{gEAG}/\text{mg}$ ).L'équation peut être exprimée sous la forme  $Y=0,0034x+0,1044$  .Un coefficient de détermination est employé :le coefficient de détermination  $R^2$ représente le chiffre 0,9972 (**Figure11** ).

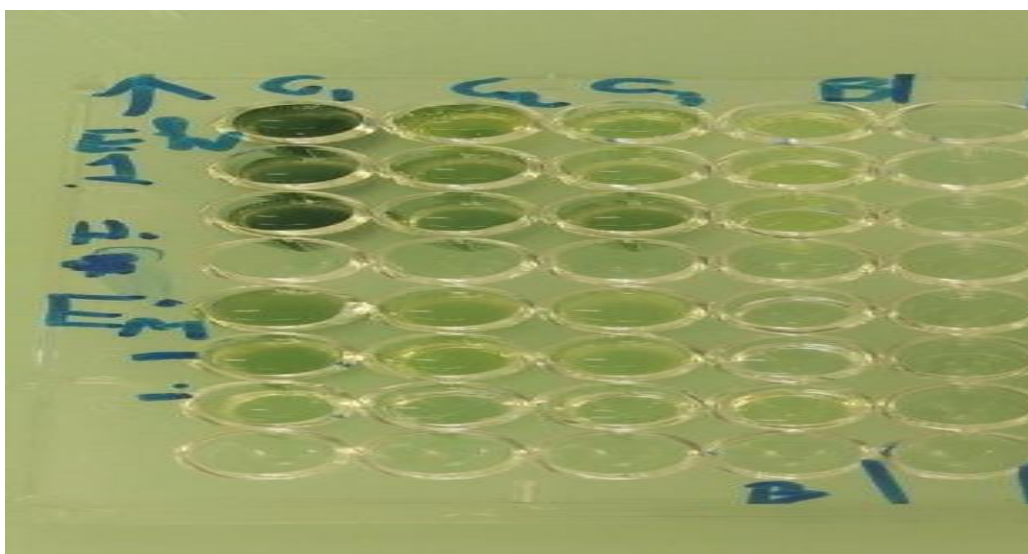
**Tableau08:**Quantification des polyphénols dans les extraits de la plante *Hertia Cheirifolia* .

<b>Extraits de la plante</b>	<b>TPC (<math>\mu\text{g EAG}/\text{mg Esec}</math>)</b>
Extrait hexanique	<b>113.97 <math>\pm</math> 0.27</b>
Extrait méthanolique (MeOH)	<b>299.6176 <math>\pm</math> 0.15</b>

**TPC** : teneur totale en polyphénols, EAG = équivalent acide gallique, E = extrait)



**Figure 11:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.



**Figure 12:** Dosage de la plante *Hertia cheirifolia* L les deux extraits (hexanique, méthanolique). (photo originale)

La teneur totale en composés phénoliques (TPC) de notre plante a montré une variation significative entre les extraits hexanique et méthanolique, mettant en évidence l'influence de la polarité du solvant sur l'extraction des composés phénoliques. L'extrait méthanolique a présenté une TPC nettement plus élevée ( $299,62 \pm 0,15 \mu\text{g EAG/mg d'extract}$ ) par rapport à l'extrait hexanique ( $113,97 \pm 0,27 \mu\text{g EAG/mg d'extract}$ ). Cette différence notable s'explique par la polarité

plus élevée du méthanol, qui favorise l'extraction des composés phénoliques polaires, contrairement à l'hexane, un solvant non polaire.

Les composés phénoliques, riches en groupes hydroxyles, sont généralement plus solubles dans les solvants polaires en raison de la formation de liaisons hydrogène et d'interactions dipolaires. Le méthanol est ainsi largement reconnu comme un solvant efficace pour l'extraction d'une large gamme de composés phénoliques à partir de matrices végétales. En revanche, l'hexane extrait principalement des constituants non polaires tels que les lipides, ce qui limite son efficacité pour l'extraction des phénols.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature, où des solvants polaires comme le méthanol, l'éthanol ou l'acétone se sont révélés plus performants pour l'extraction des antioxydants phénoliques à partir de différentes sources végétales. La TPC significativement plus élevée dans l'extrait méthanolique suggère un potentiel antioxydant plus important, compte tenu de la corrélation bien établie entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydant.

### III.1.2. Evaluation des activités biologiques

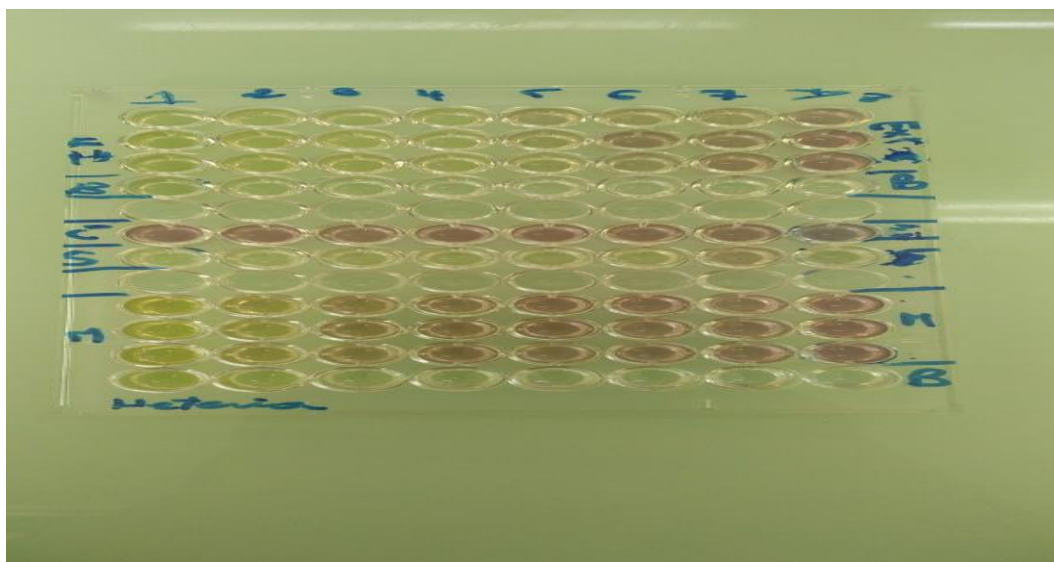
L'analyse antérieure a validé l'existence de métabolites secondaires dans la plante médicinale *Hertia Cheirifolia* L. ce qui nous a incités à examiner les actions biologiques telles que l'activité antioxydante, l'activité insecticide et l'activité bactérienne de nos extraits.

#### III.1.2.1. Activité anti-oxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique et hexanique de la plante *Hertia Cheirifolia* par le test du DPPH a révélé une activité radicalaire importante, dépendante de la concentration de l'extrait. Les deux extraits ont montré une activité antioxydante notable vis-à-vis du radical DPPH. Toutefois, une différence significative peut être observée en termes d'efficacité selon le solvant utilisé.

Comme indiqué dans le tableau 9, l'inhibition du radical DPPH par l'extrait méthanolique augmente de manière significative avec l'augmentation de la concentration de l'extrait. À la concentration la plus élevée (800 µg/mL), un taux d'inhibition de  $99,60 \pm 0,03$  % a été observé. À l'inverse, aux concentrations plus faibles, l'effet antioxydant diminue progressivement, atteignant  $6,57 \pm 0,04$  % à 12,5 µg/mL. La valeur de l'IC<sub>50</sub>, estimée à **42,70** ± 0,47 µg/mL, confirme le pouvoir antioxydant de l'extrait, puisque plus cette valeur est faible, plus l'activité antioxydante est élevée. Ces résultats suggèrent que l'extrait méthanolique contient des composés capables de

neutraliser efficacement les radicaux libres DPPH. Toutefois, ces résultats restent nettement inférieurs à ceux obtenus avec la quercétine, antioxydant de référence, dont l'IC<sub>50</sub> a été évaluée à seulement  $3,82 \pm 0,10 \mu\text{g/mL}$ . En effet, la quercétine atteint un taux d'inhibition supérieur à 84 % dès  $12,5 \mu\text{g/mL}$ , ce qui témoigne d'une activité antioxydante beaucoup plus puissante.

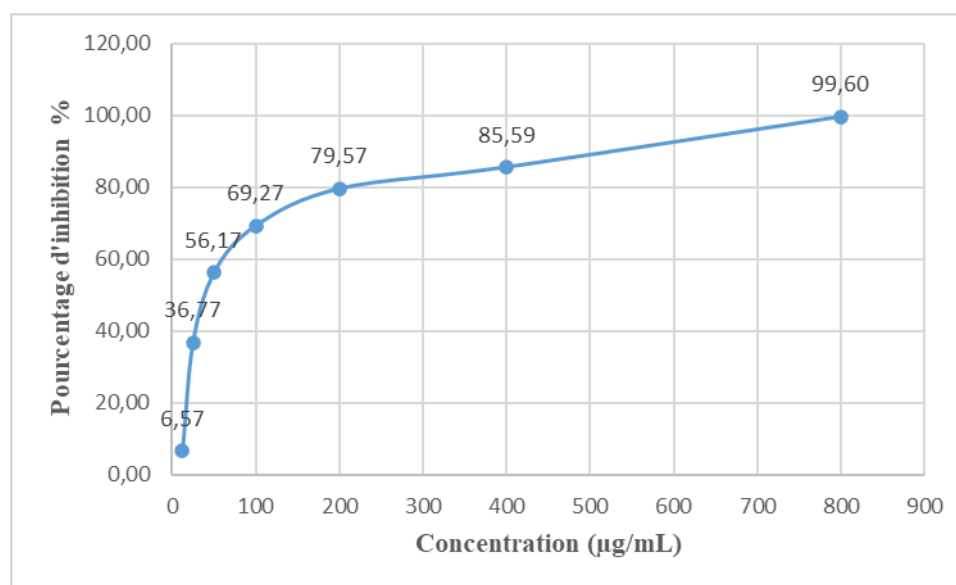


**Figure 13:** Activité antioxydante de la plante *Hertia cheirifolia* les deux extraits (méthanolique ,héxanique ) .(photo originale )

**Tableau 09:** Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait méthanolique de la plante *Hertia Cheirifolia* .

C ( $\mu\text{g/mL}$ )	PI %
<b>800</b>	$99.60 \pm 0.03$
<b>400</b>	$85.59 \pm 0.05$
<b>200</b>	$79.57 \pm 0.89$
<b>100</b>	$69.27 \pm 0.89$
<b>50</b>	$56.17 \pm 0.89$

<b>25</b>	$36.77 \pm 0.63$
<b>12.5</b>	$6.57 \pm 0.04$
<b>IC<sub>50</sub></b>	$42.70 \pm 0.47$

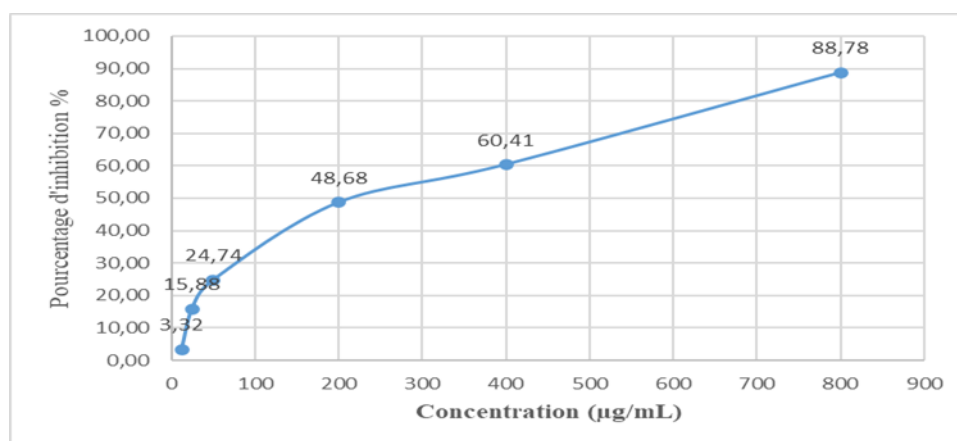


**Figure 14:** Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait méthanolique de la plante *Hertia Cheirifolia*.

De plus, l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait hexanique de la plante *Hertia Cheirifolia* à l'aide du test au DPPH révèle une inhibition marquée des radicaux libres, dont l'intensité augmente avec la concentration (Tableau 10). À la dose maximale de 800 µg/mL, un pourcentage d'inhibition de  $99,60 \pm 0,03$  % a été observé, traduisant une forte capacité de piégeage des radicaux. Cette efficacité diminue graduellement à mesure que la concentration baisse, pour atteindre  $6,57 \pm 0,04$  % à 12,5 µg/mL. L'IC<sub>50</sub> obtenue, estimée à  $292.59 \pm 0.54$  µg/mL, atteste du potentiel antioxydant de cet extrait, bien que celui-ci reste inférieur à celui de la quercétine (Tableau10).

**Tableau 10:** Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait hexanique de la plante *Hertia Cheirifolia*.

C (µg/mL)	PI %
800	88.78 ± 0.50
400	60.41 ± 0.07
200	48.68 ± 1.06
100	32.47 ± 0.08
50	24.74 ± 0.32
25	15.88 ± 0.50
12.5	3.32 ± 0.30
IC <sub>50</sub>	292.59 ± 0.54

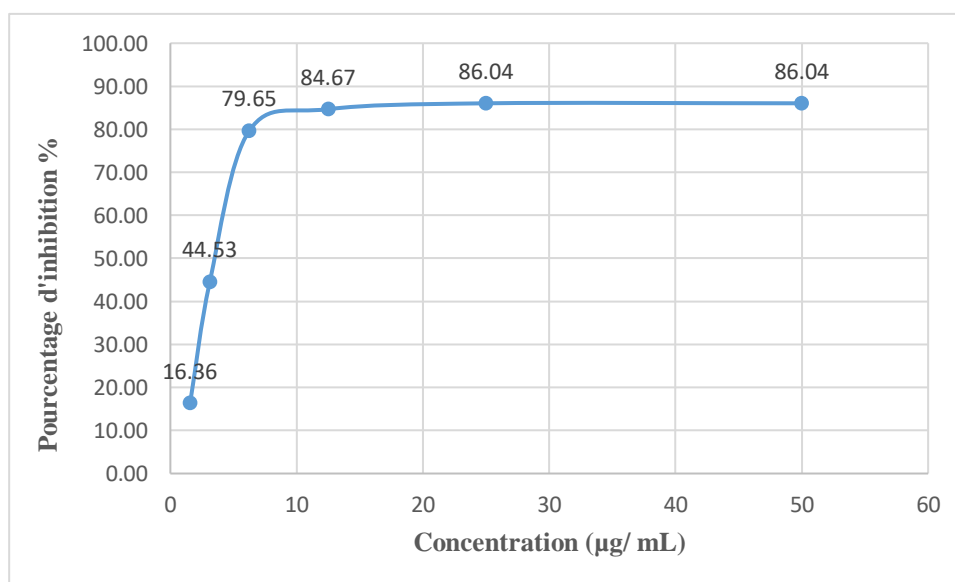


**Figure 15:** Pourcentage d'inhibition (IP%) du DPPH par l'extrait hexanique de la plante *Hertia Cheirifolia*

**Tableau 11:** Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'antioxydant quercétine

C (µg/mL)	PI %
-----------	------

<b>50</b>	86.04 ± 0.54
<b>25</b>	86.04 ± 0.21
<b>12.5</b>	84.67 ± 1.77
<b>6.25</b>	79.65 ± 1.24
<b>3.125</b>	44.53 ± 0.89
<b>1.5625</b>	36.77 ± 1.40
<b>0.78125</b>	16.36 ± 0.25
<b>IC<sub>50</sub> (µg/ mL)</b>	
<b>3.82 ± 0.10</b>	



**Figure 16:** Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'antioxydant quercétine

La moyenne activité antioxydante observée dans l'extrait méthanolique pourrait être attribuée à la richesse de la plante en composés phénoliques . En effet, plusieurs études ont rapporté la présence de molécules bioactives telles que les acides phénoliques ainsi que des flavonoïdes dans cette plante (Ayadi et al,2022). Ces composés sont bien connus pour leur capacité à piéger les radicaux libres grâce à leurs groupements hydroxyles, agissant ainsi comme des antioxydants naturels (Ajouter les références). Leur mécanisme d'action repose principalement sur le don

d'électrons ou d'atomes d'hydrogène, stabilisant les espèces radicalaires et limitant les dommages oxydatifs au niveau cellulaire (Ajouter les références).

D'après nos résultats, l'extrait méthanolique de la plante *Hertia Cheirifolia* présente une activité antioxydante remarquable, ce qui propose de considérer son utilisation potentielle dans les domaines pharmaceutique, cosmétique ou alimentaire en tant qu'agent naturel antioxydant.

D'autre part, même si l'hexane est un solvant non polaire généralement moins efficace pour extraire les composés phénoliques hydrosolubles, ces résultats suggèrent la présence de molécules lipophiles à activité antioxydante ; alors que le méthanol est habituellement plus performant pour extraire les antioxydants hydrophiles, l'extrait hexanique s'est montré tout aussi efficace dans ce cas précis. Ces observations soulignent la richesse chimique de la plante *Hertia Cheirifolia* . en composés antioxydants de natures diverses, ouvrant ainsi la voie à une valorisation multifacette selon le solvant utilisé et l'application visée

### III.1.2.2. Activité insecticide

Pour évaluer l'effet des extraits (méthanolique et hexanique) et l'huile essentielle de *Hertia Cheirifolia* sur les insectes du semoule ; *Tribolium confusum* , nous avons mesuré la mortalité des adultes par contact et répulsion.

#### III.1.2.2.1 Test de contact de l'huile essentielle

Les résultats concernant la toxicité aiguë par contact, obtenus suite à l'application d'huile essentielle de la plante *Hertia Cheirifolia* sont présentés dans le( **Tableau 12**)

**Tableau 12:** Toxicité l'huile essentielle de *Hertia Cheirifolia*.(L.) vis-à-vis au *tribolium confusum*

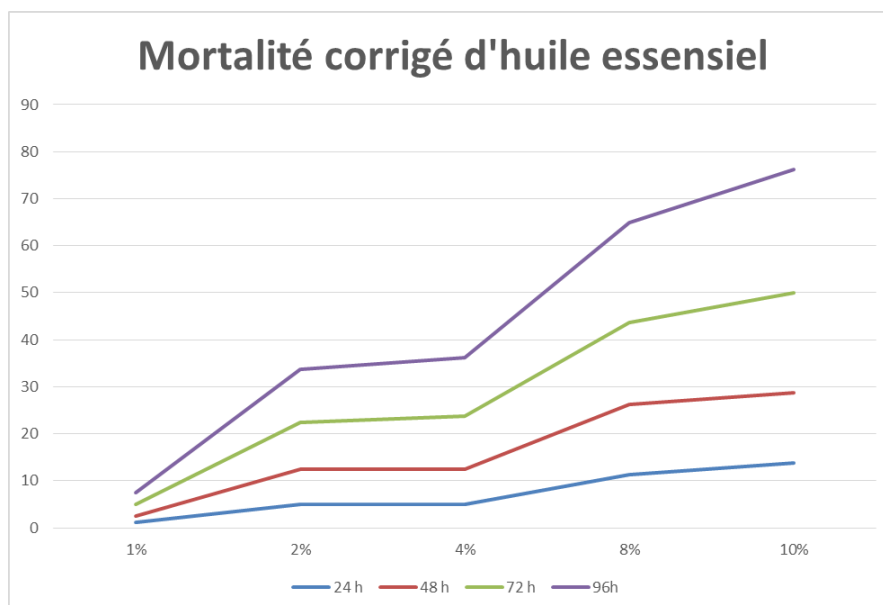
Doses (%)	Log dose	Temps (heure)	Mortalité moyenne	Mortalité corrigée (%)	probits
1%	0.00	24h	0.25	1.25	2.74
		48h	0.25	1.25	2..74

		72h	0.5	2.5	2.99
		96h	0.5	2.5	2.99
2%	0.30	24h	1	5	3.36
		48h	1,5	7,5	3.52
		72h	2	10	3.72
		96h	2,25	11,25	3.77
4%	0.60	24h	1	5	3.36
		48h	1,5	7,5	3.52
		72h	2,25	11,25	3.77
		96h	2,5	12,5	3.82
8%	0.90	24h	2,25	11,25	3.77
		48h	3	15	3.96
		72h	3,5	17,5	4.05
		96h	4,25	21,25	4.19
10%	1.00	24h	2,75	13,75	3.87
		48h	3	15	3.96
		72h	4,25	21,25	4.19
		96h	5,25	26,25	4.36
Témoin	-	24h	0	-	-

---

		48h	0	-	-
		72h	0	-	-
		96h	0	-	-

Les résultats ont révélé un moyenne taux de mortalité en fonction de l'accroissement des doses (Figure 17). Suite à 96 heures de traitement, les taux de mortalité les plus importants ont été observés avec les doses de 8 % et 10 %, affichant respectivement 21,25 % et 26,25 %. Par contre, les doses à 2 % et 4 % ont montré des taux de mortalité intermédiaires de 11,25 % et 12,5 %, respectivement. La dose minime de 1 % affichait un taux de décès de 1,25 % après un traitement de 24 heures et de 2,5 % après 96 heures.



**Figure 17:** Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'huile de plante *Hertia L.*

#### III.1.2.2.1.1 Détermination de DL 50

Transformation des pourcentages de mortalités en Probit (unité de probabilité) après 24, 48, 72 et 96 heures de traitement permet d'obtenir les équations des droites des régressions (Figure 18). Ensuite, ces données sont régressives en fonction du logarithme décimal. Les Figures représentent ces dernières dans le (tableau 12).

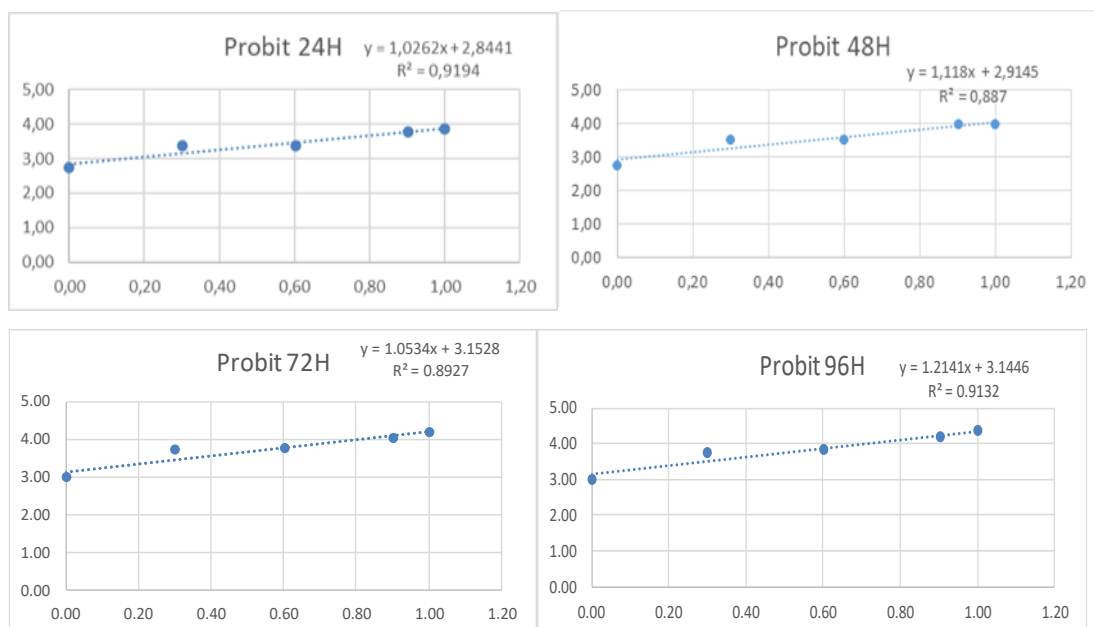
**Tableau 12:** Les équations des droites de régressions et les DL50 après 24h, 48h, 72h et 96h

L'huile essentielle	Heures	Équation de droite	R <sup>2</sup>	DL50
<i>Hertia L.</i>	24h	$Y=1,0262x+2,8441$	0.9194	45.9
	48h	$y=1,118x+2,9145$	0.887	42.1
	72h	$y=1,0534x+3,1528$	0.08927	44.4

	96h	$y=1,2141x+3,1446$	0.9132	38.6
--	-----	--------------------	--------	------

**y**: probits des taux de mortalités,**x**: logarithme décimal des concentrations,

**R<sup>2</sup>** : Coefficient de détermination)



**Figure 18:** droite de régression de l'huile essentielle en fonction des doses après 24h,48h,72het 96h .

Les DL50 sont calculées après 24 ,48,72et 96heures du traitement, comme c'est après ce temps qu'on a enregistré la mortalité la plus importante due L'huile essentielle de plante.

Les résultats obtenus sont représentés par le (Tableau13). La DL50 est de 38,6mg/ml cette dose suffit pour tuer 50% des adultes de *T. confusum*.

### III.1.2.2.2 Teste contact des l'extraits de la plante *Hertia CheiriFolia. L.*

Les résultats de toxicité aigüe par contact, obtenus lors de dénombrement après traitement par les extraits hexanique et méthanolique de *Hertia Cheirifolia.(L.)* représentés dans les tableaux(14) et (15).

**Tableau 13:** Toxicité d'extrait hexanique de *Hertia Cheirifolia* vis-à-vis au *tribolium costunum*

Doses (%)	Log dose	Temps (heure)	Mortalité moyenne	Mortalité corrigée (%)	probits
1	0.00	24h	0.75	3.75	3.25
		48h	1	5	3.36
		72h	1.75	8.75	3.52
		96h	1.75	8.75	3.52
2	0.30	24h	1.5	7.5	3.52
		48h	1.75	8.75	3.52
		72h	2	10	3.72
		96h	2.75	13.75	3.87
4	0.60	24h	0.75	3.75	3.25
		48h	1.75	8.75	3.52
		72h	2.5	12.5	3.82
		96h	2.75	13.75	3.87
8	0.90	24h	1	5	3.36
		48h	2	10	3.72

		72h	2	10	3.72
		96h	2	10	3.72
10	1.00	24h	1	5	3.36
		48h	2	10	3.72
		72h	2	10	3.72
		96h	2	10	3.72
Témoin	-	24h	0	-	-
		48h	0	-	-
		72h	0	-	-
		96h	0	-	-

**Tableau 14:** Toxicité d'extrait méthanolique de *Hertia Cheirifolia* vis-à-vis au *tribolium costunum*

Doses (%)	Log dose	Temps (heure)	Mortalité moyenne	Mortalité corrigée (%)	probits
1	0.00	24h	0.25	1.25	2.47
		48h	1.25	6.25	3.45
		72h	1.75	8.75	3.59

		96h	2.75	13.75	4.09
2	0.30	24h	0	0	0
		48h	1.75	8.75	3.59
		72h	2.75	13.75	4.09
		96h	3.5	17.5	4.05
4	0.60	24h	0.75	3.75	3.15
		48h	1.75	8.75	3.59
		72h	3	15	3.96
		96h	4.5	22.5	4.23
8	0.90	24h	0.5	2.5	2.99
		48h	1.25	6.25	3.45
		72h	2.75	13.75	4.09
		96h	4	20	4.16
10	1.00	24h	0.5	2.5	2.99
		48h	1.25	6.25	3.45
		72h	2.75	13.75	4.09
		96h	4	20	4.16
Témoin	-	24h	0	-	-
		48h	0	-	-

		72h	0	-	-
		96h	0	-	-

Les données ont révélé un moyen taux de mortalité en fonction de l'accroissement des doses (Figure 19,20). Suite à 96 heures de traitement, les taux de mortalité les plus importants ont été observés avec les doses de 4% ,8 % et 10 %, affichant respectivement 22,5 %,20 et 20 %. Par contre, les doses à 2 % ont montré des taux de mortalité intermédiaires de 17,5. La dose minime de 1 % affichait un taux de décès de 1,25 % après un traitement de 24 heures.

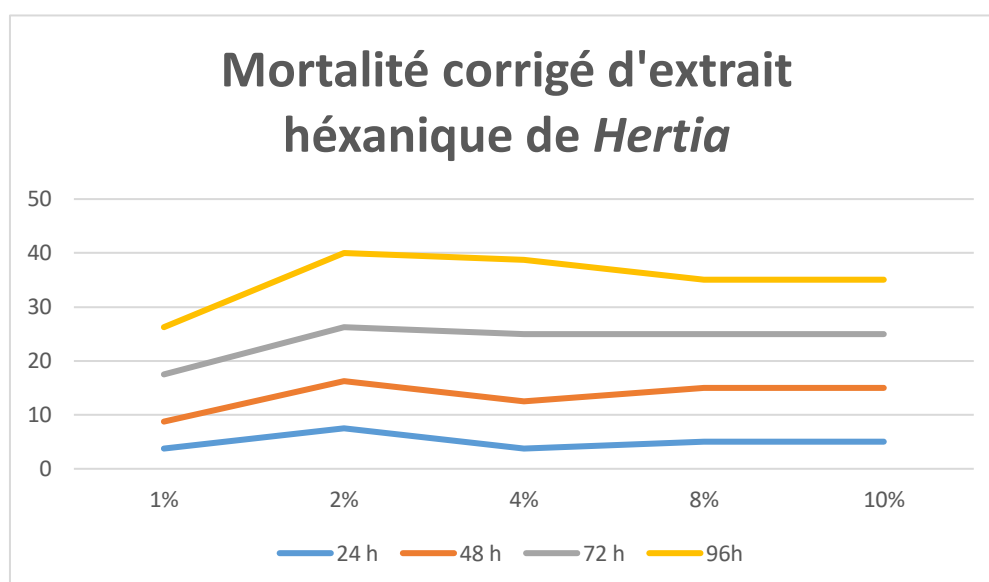
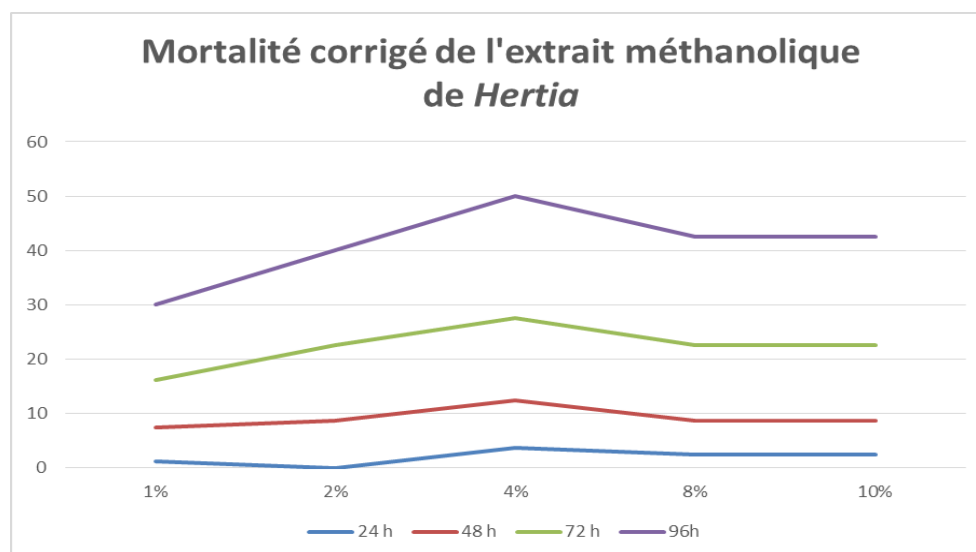


Figure 19: Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitées par l'extrait hexanique



**Figure 20** : Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait méthanolique

#### III.1.2.2.1 Détermination de DL 50

Transformation des pourcentages de mortalités en Probit (unité de probabilité) après 24, 48, 72 et 96 heures de traitement permet d'obtenir les équations des droites des régressions (Figure 21, 22). Ensuite, ces données sont régressives en fonction du logarithme décimal. Les Figures représentent ces dernières (Tableau 16).

**Tableau 15**: Les équations des droites de régressions et les DL50 après 24h, 48h, 72h et 96h

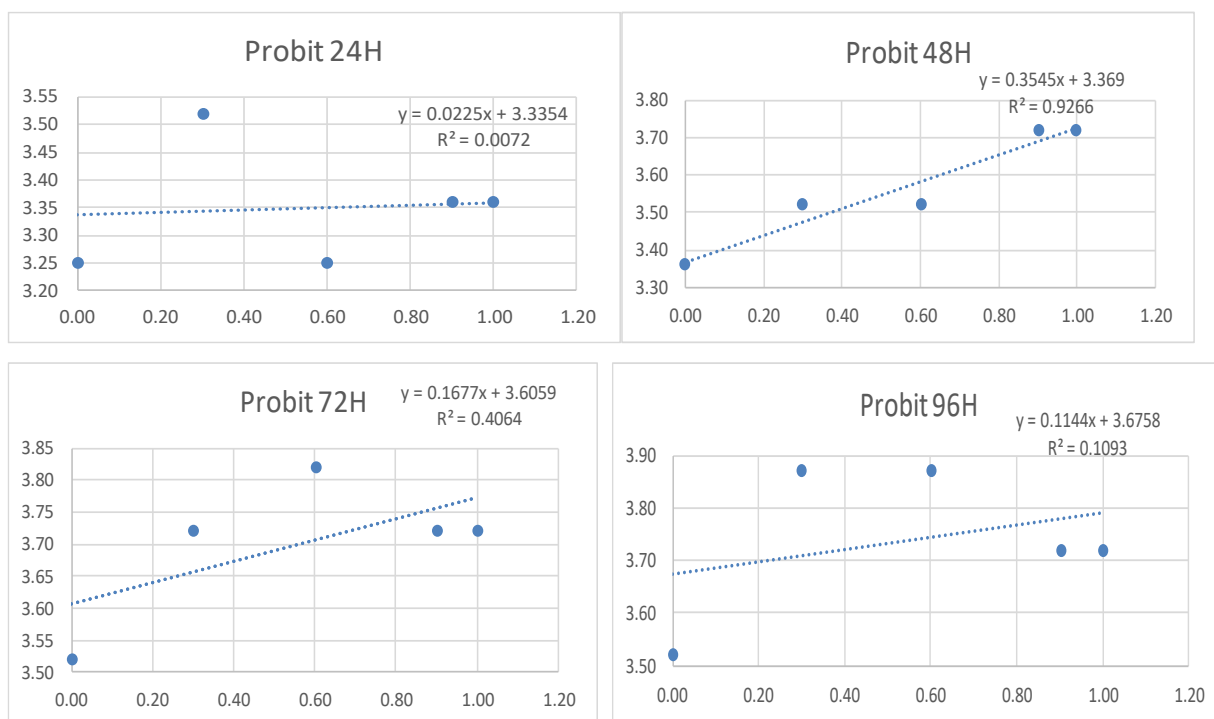
Extraits	Heures	Équation de droite	R <sup>2</sup>	DL50
Extrait hexanique	24h	$y=0,0225x + 3,3354$	0.0072	2072.4
	48h	$y=0,3545x + 3,369$	0.9266	131.4
	72h	$y=0,1677x + 3,6059$	0.4046	276.4
	96h	$y=0,1144x + 3,6758$	0.1098	404.4
	24h	$y=1,3332x + 1,6258$	0.1729	36.3

<b>Extrait méthanolique</b>	48h	$y=0,0443x+3,5308$	0.0578	1049.3
	72h	$y=0,3969x+3,7413$	0.5826	116.4
	96h	$y=0,102x+4,0807$	0.3706	450.2

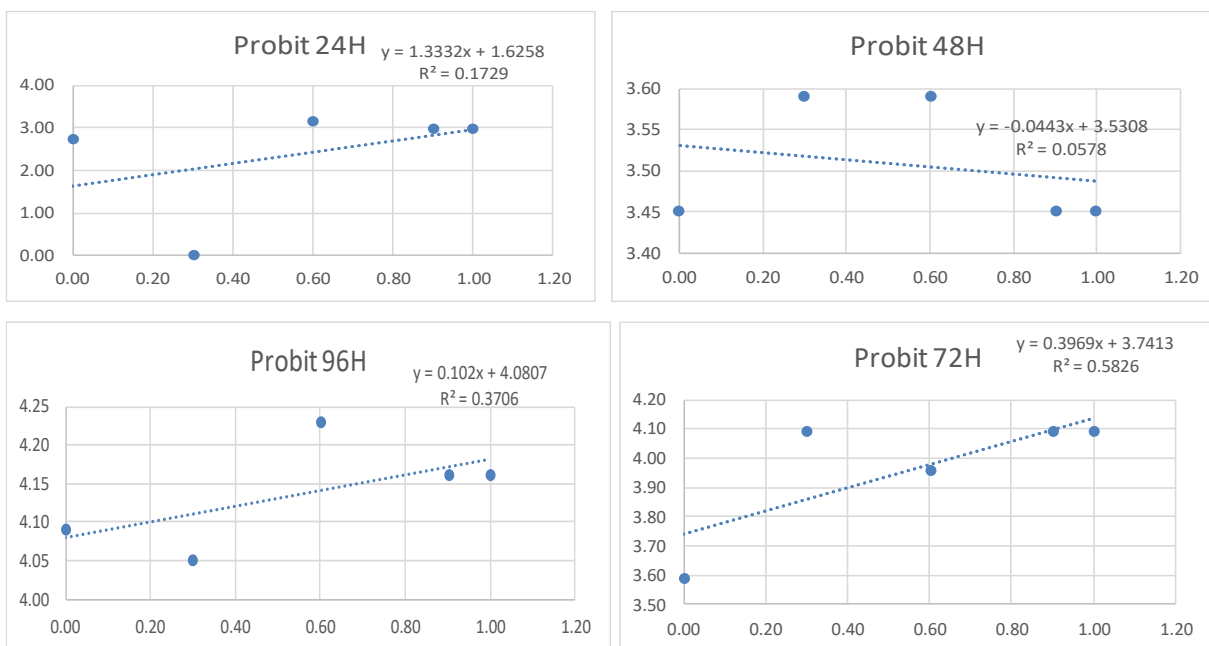
y: probits des taux de mortalités,

x: logarithme décimal des concentrations.

R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination)



**Figure21:**droite de régression de l'extrait hexanique en fonction des doses après24h,48h,72het96h.



**Figure 22** : droite de régression de l'extrait méthanolique en fonction des doses après 24h, 48h, 72h et 96h.

Les DL50 sont calculées après 24 ,48,72et 96 heures du traitement, car c'est durant ces périodes qu'on a enregistré la mortalité la plus importante due aux extraits de la plante.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait méthanolique présente une toxicité plus élevée ,avec une DL50de 36 ,3mg /ml, indiquant une forte efficacité insecticide .En revanche ,l'extrait hexanique affiche une DL50beaucoup plus élevée (131,4mg/ml ),ce qui suggère une faible toxicité et donc une moine efficacité. cette dose ne suffit pas à tuer rapidement 50% des adultes de *T.confusum* .

### III.1.2.2.3 Test répulsif

Les tableaux suivants résument l'évaluation de la fréquence de différentes doses d'extraits de *Hertia CheiriFolia* ( L.)(méthanoliques et hexaniques) contre les adultes de *Tribolium confusum*. Ce taux d'expulsion variait selon la dose et la durée (deux et quatre heures). (**Tableaux 18et 19**)

**Tableau 16:**Résultats du test répulsif d'extrait hexanique de *Hertia Cheirifolia* ( L.) sur les adultes de *tribolium confusum*

	C1		C2		C3		C4		C5	
	2h	4h	2h	4h	2h	4h	2h	4h	2h	4h
<b>% de repulsion</b>	40	70	20	60	PR ≤ 0,1 %	80	10	60	80	90
<b>Classe</b>	II	IV	I	III	0	IV	I	III	IV	V

**Tableau 17:** Résultats du test répulsif d'extrait méthanolique de *Hertia Cheirifolia* (L.) sur les adultes de *tribolium confusum*

	C1		C2		C3		C4		C5	
	2h	4h	2h	4h	2h	4h	2h	4h	2h	4h
% de repulsion	50	40	10	PR ≤ 0,1 %	20	10	10	PR ≤ 0,1 %	10	30
<b>Classe</b>	III	II	I	0	I	I	I	0	I	II

La récursivité est observée en fonction des doses (1%, 2%, 4%, 8% et 10%)

ainsi que des périodes d'exposition (2h, et4h).

Selon les résultats, les doses de 10% et d'extrait hexane ont été observées pour avoir un effet modérément répulsif sur les adultes de *tribolium confusum*, avec des taux variant de 10% à 30%. De plus, les doses d'extrait de méthanol à 1 % ont également enregistré un effet répulsif modéré sur le même insecte, avec des taux allant de 40 % à 50 %.

### III.1.3. Activité antibactérienne

La méthode de diffusion sur disque a été utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne d'extraits méthanoliques et hexaniques de *Hertia CheiriFolia* ( L)contre quatre souches bactériennes. Les résultats indiquent que la croissance bactérienne est inhibée par le diamètre de la zone d'inhibition. L'activité antibactérienne des différents extraits de *Hertia Cheirifolia* ( L.) a été évaluée contre cinq souches bactériennes par la méthode de diffusion sur disque, une technique qualitative basée sur la mesure du diamètre des zones d'inhibition apparentes autour des disques chargés d'extraits

végétaux (tableau 20 et figure 23). Les photos illustrant les zones d'inhibition sont présentées ci-dessous :

**Tableau 18:** résultats de l'activité antibactérienne de *Hertia Cheirifolia* L. extraits réalisés par la méthode de diffusion sur disque

Dimensions des zones d'inhibition en mm		
Les souches bactériennes	Ex.métha	Ex.hex
<i>Escherichia coli</i>	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-
<i>Pseudo-aeuruginos</i>	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	-	-

Nous n'observons aucune zone d'inhibition, ce qui indique que les deux extraits (méthanolique et hexanique), obtenus par macération, ne présentent aucune activité antibactérienne.

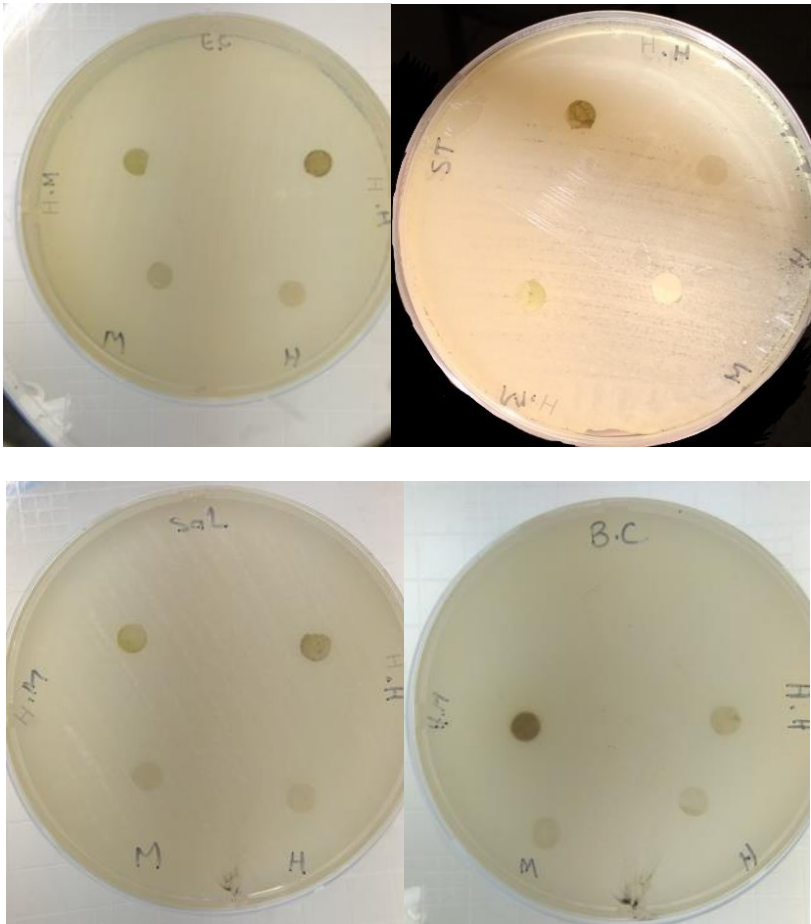


Figure 23: Photos montrant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne

---

# Conclusion

## Conclusion

En conclusion ,cette étude approfondie de la plante *Hertia cheirifolia* a mis en évidences la présence considérable des composés phytochimiques dotés de vertus antioxydantes , insecticides et antibactérienne come les polyphénols. Les résultats obtenus attestent que les extraits de cette plante possèdent une importante activité antioxydante et un faible activité insecticide par le test du contact par les deux extraits méthanolique, hénanique l'huile essentielle tandis que un pouvoir répulsif important . Amors que les extraits ne possèdent aucune activité antibactérienne malgré sa richesse en composés phénoliques .Ceci indique que cette plante pourrait servir de source naturels pour d'autre activités biologiques selon la nature et la composition chimique de leurs molécules bioactives ainsi que la composition de l'huile essentielle.

Au final, cette recherche contribue à une meilleure compréhension des caractéristiques pharmacologiques *d'Herita cherifolia* et met en évidence son importance cruciale en tant que ressource naturelle de valeur dans les domaines pharmaceutique ,cosmétique ou alimentaire.

---

# **Références**

## **Bibliographiques**

## Référence bibliographique

- **ABADA, H., & MESLOU, S. Y. (2019).** Contribution à l'étude phytochimique et l'évaluation de l'activité . Aïn-Témouchent, Aïn-Témouchent, algérie
- **Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013).** Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869-881
- **Al-Kazemi, Ahmed. (2021).** La contribution d'Al-Razi à la médecine expérimentale. Mémoire de Master, Université de Karbala, Karbala.
- **Al-Snafi Ali E.** Importance thérapeutique des anthraquinones : une revue. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, Volume 7, Numéro 1, 2015, Pages 22-35. Pays : Irak
- **Ameddah, S., Benaïssa, O., Menad, A., Dendoügui, H., Meraihi, Z., & Benayache, S. (2005).** Protective effect of *Chrysanthemum fuscatum* and *Hertia cheirifolia* on erythrocyte oxidative stress induced by Isoniazid and Rifampicin in rats. *Journal of the Egyptian German Society of Zoology*, 44(A), 69-84.
- **Amin, Mohamed, Reham El-Sharkawy, et Mohamed Abbas. (2019).** Contamination of medicinal plants by heavy metals and pesticides: Implications for safety. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67, 18-26.
- **ation des professionnels de santé à la phytothérapie.** Mémoire, Université de Constantine.
- **Azzi, Rachid, Benali, Mohamed, & Djerbal, Mohamed. (2019).** Risque et réglementation des plantes médicinales dans les pratiques cliniques. Mémoire, Université d'Alger 2.
- **Bahri, R., et al. (2016).** Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Hertia cheirifolia* extracts. *Pharmaceutical Biology*, 54(2), 205–210.
- **Bastos, José Konrad, Carvalho, Arlindo Rodrigues, Amarante, Fabíola Helena, & Filho, Branquinho Pedro. (2012).** Terpenes: Natural products with promising biological activities. *Molecules*, 17(3), 3527-3551. <https://doi.org/10.3390/molecules17033527>
- **Belguidoum, A., et al. (2020).** Heavy metals accumulation in *Hertia cheirifolia* along the highway in Setif region, Algeria. *Biodiversitas*. Retrieved from

[https://www.researchgate.net/publication/309295731\\_A\\_bioactivity\\_guided\\_study\\_on\\_the\\_antibacterial\\_activity\\_of\\_Hertia\\_cheirifolia\\_L\\_extracts](https://www.researchgate.net/publication/309295731_A_bioactivity_guided_study_on_the_antibacterial_activity_of_Hertia_cheirifolia_L_extracts)

- **Bellakhdar, Jamal (1997).** \*La pharmacopée marocaine traditionnelle : médecine arabe ancienne et savoirs populaires\*. Paris : Ibis Press.
- **Ben Youssef, Sara. (2020).** Étude pharmacologique des plantes médicinales dans l'œuvre d'Ibn al-Baytar. Mémoire de Master, Université de Mostaganem, Mostaganem.
- **Benabdallah, A., Rahmoune, C., Boumendjel, M., Aissi, O., & Messaoud, C. (2016).** Total phenolic content and antioxidant activity of six wild Mentha species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 6(9), 760-766
- **Benarba, B. (2016).** Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in western Algeria. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 5(4), 337–345.
- **Benhouhou, Salah (2005).** \*Flore médicinale d'Algérie : atlas des plantes utilisées en médecine traditionnelle\*. Alger : Office des Publications Universitaires (OPU).
- **Benkhiguel, Omar. (2016).** Techniques d'extraction des composés actifs des plantes médicinales. Université de Tlemcen, Mémoire de Master.
- **Bodeker, Gerard, Kronenberg, Florian, & Burford, Gary. (2017).** Integration of herbal medicine in public health systems: Strategies and case studies. Thèse de doctorat, University of Oxford.
- **Boudjelal, A., et al. (2013).** Ethnobotanical study of medicinal plants used by the population of the region of Ghardaïa (southern Algeria). *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(10), 716–724.
- **Boudjelal, Abdelkader, et al. (2013).** Étude sur la macération et ses applications en pharmacognosie. Université de Constantine, Mémoire de Master.
- **Boumerdassi, Sersabil, Chouh, Sara, Chabour, Rayène, & Groni, Asmaa. (2022).** Enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales traditionnellement utilisées chez l'enfant [Mémoire universitaire, Université Mouloud Mammeri, Faculté de Médecine, Tizi-Ouzou]. Disponible sur <https://dspace.ummt0.dz/handle/ummt0/18459>
- **Bouriche, H., Kada, S., Assaf, A. M., Senator, A., Gül, F., & Dendoügui, H. (2016).** Phytochemical screening and anti-inflammatory properties of Algerian *Hertia cheirifolia* methanol extract. *Pharmaceutical Biology*, 54(11), 2584-2590.

- **Bouzi Amina. (2022).** Étude de certaines plantes médicinales utilisées dans le traitement des troubles digestifs. Mémoire de licence, Université d'El Oued.
- **Brahmi, F., et al. (2017).** Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus in the region of Sidi Bel Abbès (Western Algeria). *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(6), 94–102.
- **Brahmi, Fatiha, et al. (2017).** Étude comparative des méthodes d'extraction des principes actifs dans les plantes médicinales. Université d'Oran, Mémoire de Master.
- **Bribi, Nadia. (2018).** Pharmacological activity of alkaloids: A review. *Asian Journal of Botany*, 1(1), 1-6. Available on Google Scholar.
- **David S., and Norman R. Farnsworth. (2001).** "The value of plants used in traditional medicine for drug discovery." *Environmental Health Perspectives*, vol. 109, Supplement 1, pp. 69–75. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s169>
- **Djahra Ali Boutlelis. (2023).** Étude du contenu chimique végétal et de l'activité antioxydante de plusieurs plantes sauvages originaires de la région d'El Oued – Sud-Est Algérien. Mémoire de licence, Université d'El Oued.
- **DOI : <https://doi.org/10.3390/metabo13030323>**
- **Elenbaas, Mark. (2018).** Utilisation traditionnelle et contemporaine des plantes médicinales dans les zones rurales. Mémoire de fin d'études, Université de Leiden.
- **El-Sayed, Mohamed, El-Magd, Mohamed A., Hassanein, Khaled M. (2016).** "Herbal Medicine in Ancient Egypt: A Review." *Journal of Ethnopharmacology*, 189, 192-20
- **Funk, V. A., Susanna, A., Stuessy, T. F., & Bayer, R. J. (2009).** \*Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae\*. IAPT.
- **Guo Ying, Li Jing, Zhao Yanyan. Effets pharmacologiques et potentiel thérapeutique des anthraquinones.** *Planta Medica*, Volume 79, Numéro 11, 2013, Pages 964-972. Pays : Chine. DOI : 10.1055/s-0033-1349365
- **Hadj Azzam, Noureddine. (2022).** Le rôle d'Avicenne dans l'évolution de la médecine arabo-islamique. Mémoire de Master, Université d'Alger 2, Alger.
- **Hammiche, Valérie & Maiza, Karima (2006).** \*Plantes médicinales des régions arides d'Algérie : inventaire et usages traditionnels\*. Mémoire de Magistère, Université d'Alger, Faculté des Sciences Biologiques.

- **Hammurabi's Code. (2021).** Ancient laws and medical regulations [Article en ligne]. Disponible sur <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27151189/>
- **Hardy, Karen; Buckley, Sarah; Collins, Matthew J.; (2012).** Neanderthal self-medication in context. *Antiquity*, 86(332), 1–11. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00047816>
- **Heinrich, Michael, Annaliese Ankli, Beate Frei, Christoph Weimann, and Olivier Sticher. (1998).** "Medicinal plants in Mexico: Healers' consensus and cultural importance." *Social Science & Medicine*, vol. 47, no. 11, pp. 1859–1871. ([https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(98\)00293-0](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(98)00293-0))
- **Helali, Abdelkader, Benhaddou, Abdelkader, & Boukhelkhal, Zahia. (2020).** Encadrement et form
- **Heywood, V. H., Harborne, J. B., & Turner, B. L. (2007).** \*The Biology and Chemistry of the Compositae\*. Academic Press
- **Husen, Azamal. (2021).** Environmental pollution and its effects on medicinal plants: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 78, 103399.
- **Hussein, Ahmed, Mohamed, Hassan, Ali, Samir (2013).** "Medicinal Plants and Their Uses in Ancient Egypt." *Pharmaceutical Biology*, 51(8), 1070-1077.
- **Iamónico, D., & El Mokni, R. (2021).** *Hertia cheirifolia* and *H. maroccana* (Asteraceae), two species endemic to North Africa: nomenclatural notes, morphology, distribution, and IUCN Red List assessments. *Collectanea Botanica*, 40, e009.
- **Iamónico, D., & El Mokni, R. (2021).** *Hertia cheirifolia* and *H. maroccana* (Asteraceae), two species endemic to North Africa: nomenclatural notes, morphology, distribution, and IUCN Red List assessments. *Collectanea Botanica*, 40, e009. <https://collectaneabotanica.revistas.csic.es/index.php/collectaneabotanica/article/download/307/464>
- **Iserin, P. (2001).** encyclopédie des plantes médicinales. In P. Iserin, encyclopédie des plantes médicinales (p. 288). Belgique: la rousse
- **ISPub. (2007).** The medical profession in ancient Babylonian law: Hammurabi's Code and its impact [Article scientifique]. *International Journal of Public Health*, 2(3), 145-152.

- **Kada, S., Bouriche, H., Senator, A., Demirtaş, İ., Özen, T., Çeken Toptancı, B., & Dendoügui, H. (2017).** Protective activity of *Hertia cheirifolia* extracts against DNA damage, lipid peroxidation and protein oxidation. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 330-337.
- **Kadri, Yacine. (2010).** Utilisation des poudres de plantes médicinales en phytothérapie. Université d'Alger, Mémoire de Licence.
- **Khadri, A., et al. (2010).** Ethnobotanical study of medicinal plants used in the region of Guelma (Algeria). *Phytothérapie*, 8(3), 162–170.
- **Khan, Muhammad Imran; Karima, Ghulam; Khan, Muhammad Zahid; Shin, Jin Ho; Kim, Jong-Dae. (2022).** Therapeutic Effects of Saponins for the Prevention and Treatment of Cancer by Ameliorating Inflammation and Angiogenesis and Inducing Antioxidant and Apoptotic Effects in Human Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10665.
- **Khouja, M. L., et al. (2011).** Chemical composition and biological activities of essential oil of *Hertia cheirifolia*. *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1295–1297.
- **Kumar, Sandeep; Pandey, Anjana K. (2013).** Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 162750.
- **Le Floc'h, E., et al. (2010).** Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne: Plantes médicinales et toxiques. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.
- **Le Floc'h, Gérard, et al. (2010).** Application des cataplasmes dans le traitement des affections cutanées. Université de Bordeaux, Mémoire de Master.
- **Leroi-Gourhan, Arlette. (1975).** The flowers found with Shanidar IV, a Neanderthal burial in Iraq. *Science*, 190(4214), 562–564. <https://doi.org/10.1126/science.190.4214.562>
- **Li, Jing, Zhang, Lin, Wang, Wei, et Chen, Xiaohong. (2024).** Impact of cultivation conditions on the quality of medicinal plants. *Journal of Medicinal Plant Research*, 38(2), 112-125.
- **Lietava, Jan. (1992).** Medicinal plants in a Middle Paleolithic grave Shanidar IV? *Journal of Ethnopharmacology*, 35(3), 263–266. ([https://doi.org/10.1016/0378-8741\(92\)90034-8](https://doi.org/10.1016/0378-8741(92)90034-8))
- **Lone, Bashir Ahmad; Tabassum, Madiha; Bhushan, Amit; Rani, Deepika; Dhiman, Utkarsh; Ahmad, Anwar; Mir, Humaira Azmat. (2023).** Trilliumosides K and L, two novel steroidal saponins from rhizomes of *Trillium govianum*, as potent anti-cancer

agents targeting apoptosis in the A-549 cancer cell line. *Frontiers in Chemistry*, 11, 1306271.

- **Majnooni, Mohammad Bagher; Fakhri, Shahnaz; Ghanadian, Seyed Mohammad; Bahrami, Gholamreza; Mansouri, Keyvan; Iranpanah, Azar; Farzaei, Mohammad Hosein; Mojarrab, Mehdi. (2023).** Inhibiting Angiogenesis by Anti-Cancer Saponins: From Phytochemistry to Cellular Signaling Pathways. *Metabolites*, 13(3), 323.
- **Majouli, K., Hlila, M. B., Hamdi, A., Flamini, G., Ben Jannet, H., & Aouni, M. (2020).** Anatomical Characteristics of *Hertia cheirifolia* L. *Journal of Botany Research*, 3(1), 119–122.
- **Marques, Fátima Maria, dos Santos, Flávia Cristina, & de Souza, Élide Santos. (2016).** In vitro anti-inflammatory activity of terpenes via suppression of superoxide and nitric oxide generation and the NF- $\kappa$ B signalling pathway. *Phytomedicine*, 23(9), 901-913. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2016.06.011>
- **Mason .L.j.(s.d).** Ravageurs des produits *tribolium confusum* .Département d'entomologie ,Université Purdue . Récupéré de : <https://entm.Purdure>
- **Mason .L.j.(s.d).** Ravageurs des produits *tribolium confusum* .Département d'entomologie ,Université Purdue . Récupéré de : <https://entm.Purdure>
- **Merzouki, Abdelkader ; Ed-Derfoufi, Fayçal ; Molero Mesa, Jorge (2000).** \*Contribution à l'étude ethnobotanique dans le Maghreb : usages traditionnels des plantes médicinales au Maroc et en Algérie\*. Casablanca : Université Hassan II – Faculté des Sciences.
- **Molyneux P.,** The use of the stable free radical diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxydant activity, *Son KlamaKarin J.Sci, Technol*, 26 (2) (2004) 211-219.
- **Molyneux P.,** The use of the stable free radical diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxydant activity, *Son KlamaKarin J.Sci, Technol*, 26 (2) (2004) 211-219.
- **Newman, David J., and Geoffrey M. Cragg. (2016).** "Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014." *Journal of Natural Products*, vol. 79, no. 3, pp. 629–661. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5b01055>
- **Nunn, John F. (1996).** *Ancient Egyptian Medicine*. University of Oklahoma Press

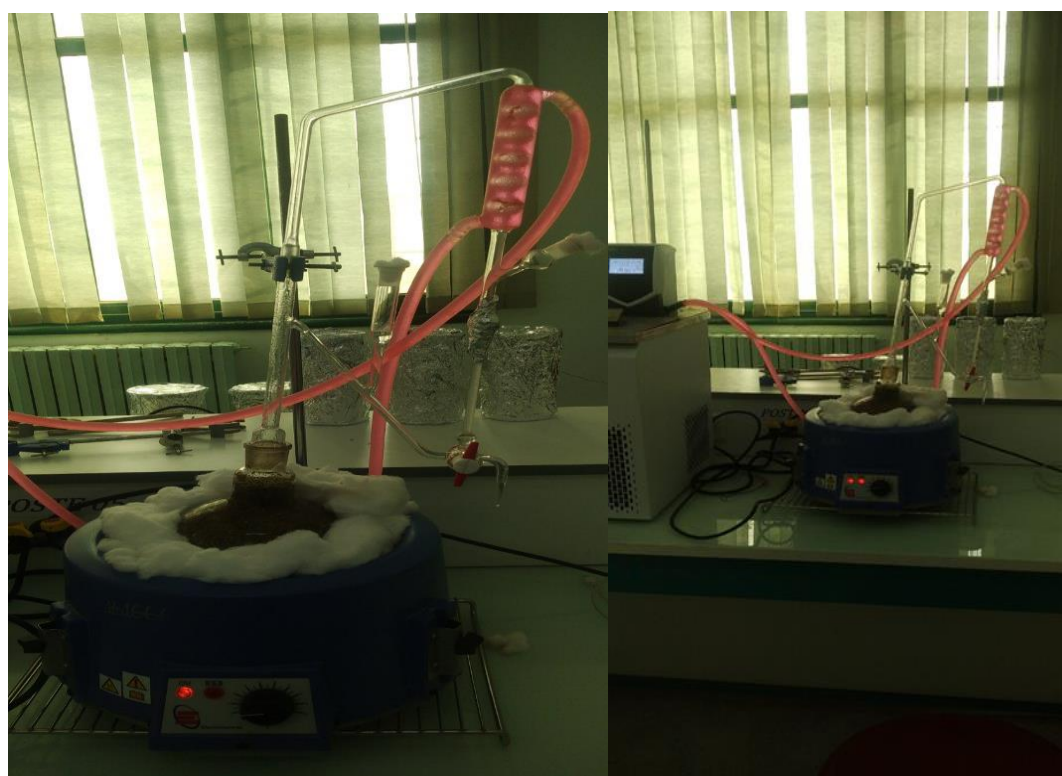
- **O’Hara Mark, Kiefer Deborah, Farrell Karen, Kemper Kimberly.** Revue de 12 plantes médicinales couramment utilisées. *Archives of Family Medicine*, Volume 9, Numéro 6, 2006, Pages 523-536. Pays : États-Unis. DOI : 10.1001/archfami.9.6.523
- **Organisation mondiale de la santé (OMS). (2003).** Quality control methods for medicinal plant materials. Geneva: WHO Press.
- **Panche, Anjana N.; Diwan, Abhay D.; Chandra, Sanjay R. (2016).** Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47.
- **Pays : Corée du Sud**
- **Pays : Inde**
- **Pays : Iran**
- **Perry, Nicholas Brendan, Blunt, John William, Munro, Murray Hugh Graham, & Jenkins, Terence Christopher. (1999).** Alkaloids: Chemistry, pharmacology, and therapeutic applications. *Phytochemistry Reviews*, 1(2), 123–135. <https://doi.org/10.1023/A:1009953226856>
- **Ranasinghe, Priyanga; Pigera, Sampath; Premakumara, Gaiani A. S.; Galappaththy, Priyanga; Constantine, Godwin R.; Katulanda, Prasad. (2013).** Cinnamon: A Multifaceted Medicinal Plant. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 712942.
- **Rates, Sergio M. K. (2001).** "Plants as source of drugs." *Toxicon*, vol. 39, no. 5, pp. 603–613. ([https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(00\)00154-9](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(00)00154-9))
- **Research Outreach. (2021).** Ancient Mesopotamian medicine and pharmacology [Article en ligne]. Disponible sur <https://www.researchoutreach.org/articles/ancient-mesopotamian-medicin/>
- **Sharifi-Rad, Javad; Ayatollahi, Seyed Ahmad; Fokou, Paul Victor Tchamba; Sharifi-Rad, Mohammad; Almarhoon, Zainab M.; Martorell, Miquel. (2021).** Natural Coumarins: Exploring the Pharmacological Complexity and Underlying Molecular Mechanisms. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 689234.
- **Shipley, Gina P.; Kindscher, Kelly. (2016).** Evidence for the Paleoethnobotany of the Neanderthal: A Review of the Literature. *Scientifica*, Volume 2016, Article ID 8927654

- **Sims, Michael, Marc J. Leach, et Edzard Ernst. (2020).** Toxicity of medicinal plants: A review of adverse effects and interactions. *Journal of Herbal Medicine*, 22, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100355>
- **Solecki, Ralph S. (1975).** Shanidar IV, a Neanderthal Flower Burial in Northern Iraq. *Science*, 190(4217), 880–881. <https://doi.org/10.1126/science.190.4217.880>
- **Tarek, M. (2017).** utilisation de la poudre végétale de la Romarin, Eucalyptus, Marubbe et des micro-ondes dans cadre de la lutte contre *tribolium confosum*. boumerdes, boumerdes, algérie.
- **Touwaide, Alain, & Appetiti, Elisa. (2004).** The legacy of Mesopotamian medicine: Hammurabi’s Code and beyond [Article scientifique]. *Journal of Ethnopharmacology*, 92(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.04.008>
- **VL Singleton , JA Rossi** - American journal of enology and viticulture ,1965-ajevoline .org
- **Vogler Bernhard K.** Le potentiel thérapeutique des glycosides cardiaques. *Expert Opinion on Investigational Drugs*, Volume 13, Numéro 12, 2004, Pages 1901-1913. Pays : Allemagne. DOI : 10.1517/13543784.13.12.1901
- **Wainwright, Mark (2000).** “The Healing Arts: Medicine in Ancient Egypt.” *Science Progress*, 83(2), 173-18
- **Wang Xiaoxia, Ouyang Yanting, Liu Jianping, Zhao Guowei, Bao Lili, Fu Yuhua, Xu Xiaobo.** Activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes et anticancéreuses des glycosides extraits de plantes médicinales. *Journal of Ethnopharmacology*, Volume 172, 2015, Pages 25-38. Pays : Chine. DOI : 10.1016/j.jep.2015.05.020
- **World Health Organization. (2013).** "WHO Traditional Medicine Strategy 2014–2023." Geneva: WHO Press. Available online at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/92455>
- **Zhang, Jianping, Wider, Barbara, Shang, Hongcai, Li, Xiaoshu, et Ernst, Edzard. (2012).** Quality control of herbal medicines: harvesting and post-harvest processing. *Phytomedicine*, 19(10), 888-897.
- **Zouirech, O., et al. (2023).** GC-MS analysis, phytochemical composition of *Hertia cheirifolia* L. essential oil and its antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *RSC Advances*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39021456/>

- **Zouirech, S., et al. (2023).** GC-MS analysis, phytochemical composition of *Hertia cheirifolia* L. essential oil with pharmacological assessments: antioxidant, antibacterial, and antifungal activities. *\*RSC Advances\**, 14(2), 1234–1245.

---

# Annexe



**Figure 24:** Extraction des huiles par L'appareil de Clevenger .



**Figure 25:** L'évaporation de l'extrait par le Rotavapeur.