

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA  
NATURE ET DE LA VIE  
N° : .....



DOMAINE : SCIENCES DE LA  
NATURE ET DE LA VIE  
FILIERE : ECOLOGIE ET  
ENVIRONNEMENT  
OPTION : ECOLOGIE URBAINE

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Professionnel**

**Par :**  
**-CHELBAB Cheyma**

**Intitulé**

**Evaluation de quelques activités  
biologiques d'*Inula graveolens***

*Soutenu devant le jury composé de :*

HEDJOULI Zakaria	MCB	Université Mohamed BOUDIAF de M'sila	Président.
SASSOUI Ammar	MCB	Université Mohamed BOUDIAF de M'sila	Rapporteur.
SARRI Madani	Pr.	Université Mohamed BOUDIAF de M'sila	Examineur.

**Année universitaire : 2024 /2025**

## **Remerciement**

*Nous remercions Allah, Le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la volonté, la santé et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail et pour nous avoir permis de croire en nos capacités avant toute chose.*

*Nous exprimons nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes ayant accepté d'examiner et d'évaluer notre mémoire.*

*Nous tenons à adresser nos profonds remerciements au **Dr. SASSOUI Ammar** pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils éclairés et son accompagnement constant, qui ont grandement enrichi notre réflexion tout au long de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent également au **Dr. HEDJOULI Zakaria**, président du jury, pour nous avoir fait l'honneur de présider la soutenance de ce mémoire. Nous remercions chaleureusement le **Pr. SARRI Madani** pour avoir accepté de juger ce travail avec bienveillance et rigueur.*

*Nous n'oublions pas l'ensemble de nos enseignants, les techniciens de laboratoire ainsi que tout le personnel du département de biologie, pour leur soutien, leur encadrement et leurs efforts tout au long de notre parcours académique.*

*Un merci tout particulier à nos familles, pour leur amour, leur patience, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible tout au long de nos études. Grâce à eux, nous sommes devenus ce que nous sommes aujourd'hui.*

*Enfin, nous remercions sincèrement tous ceux qui, de près ou de loin — amis, collègues ou autres — ont contribué à la réalisation de ce travail.*

*directement ou indirectement de la part d'amis et de collègues à la réalisation de ce travail.*

*Salutations, merci*

## *Dédicace*

*Je remercie Allah, Le Tout-Puissant, de m'avoir permis d'en arriver là.*

*Je dédie ce travail à la lumière de ma vie,  
à celle qui m'a donné le jour et tant de sacrifices : **ma mère**,  
et à celui qui mérite tout mon respect et mon admiration : **mon père**.*

*À mes frères et sœurs,  
à toute ma famille,  
merci pour votre soutien, vos encouragements et votre affection  
inconditionnelle.*

*ainsi qu'à **tous les enseignants** qui m'ont transmis leur savoir et  
accompagné tout au long de mon parcours.*

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

BHT: Butylhydroxytoluène  
DPPH: 2,2 diphényl-1-picrylhydrazyle  
EAq: Extrait Aqueux  
EM: Extrait Méthanolique  
GN: Gélose Nutritive  
IC<sub>50</sub>: Concentration Inhibitrice Médiane  
TF: Teneur en Flavonoïdes  
TFT: Teneur en Flavonoïdes Totaux  
TPT: Teneur en Polyphénols Totaux  
TL: Temps létaux  
CL : Concentrations létales

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : Caractères organoleptiques et le rendement en extraits organiques de <i>I. graveolens</i>	21
<b>Tableau 02</b> : Les valeurs IC <sub>50</sub> (µg/ml) de l'EM et de l'EAq de <i>I. graveolens</i> et du standard BHT dans le test de DPPH	22
<b>Tableau 03</b> : Les diamètres d'inhibitions de l'EM et de l'EAq de <i>I. graveolens</i> sur les souches bactériennes	23
<b>Tableau 04</b> : Taux de mortalité des larves traité par différentes concentrations de l'extraits aqueux de <i>Inula graveolens</i> .	25
<b>Tableau 05</b> : Taux de mortalité des larves traité par différentes concentrations de l'extraits méthanolique d' <i>Inula graveolens</i> .	26
<b>Tableau 06</b> : Concentrations létales de l'extraits aqueux de <i>Inula graveolens</i> .	26
<b>Tableau 07</b> : Concentrations létales des extraits méthanolique de <i>Inula graveolens</i> .	26
<b>Tableau 08</b> : Temps létaux des extraits aqueux de <i>Inula graveolens</i> .	27
<b>Tableau 09</b> : Temps létaux des extraits méthanolique de <i>Inula graveolens</i> .	27

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Mécanisme de réaction du DPPH avec un antioxydant	07
<b>Figure 02</b> : L'espèce bactérienne <i>Staphylococcus aureus</i>	10
<b>Figure 03</b> : L'espèce bactérienne <i>Escherichia coli</i>	10
<b>Figure 04</b> : L'espèce <i>Bacillus cereus</i>	11
<b>Figure 05</b> : <i>Salmonella enterica</i>	12
<b>Figure 06</b> : Procédés d'extraction	17
<b>Figure 07</b> : Model biologique testée ( <i>Ocnogyna baetica</i> ) au niveau de laboratoire	20
<b>Figure 08</b> : les teneurs en TPT ( $\mu\text{gEAG/mg}$ ) et en TFT ( $\mu\text{gEQ/mg}$ ) des extraits EM et E Aq de <i>Inula graveolens</i>	22

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
LISTE DES ABREVIATIONS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	

## Sommaries

<b>Introduction</b> .....	01
<b>CHAPITRE 1 : APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1. Plantes médicinales .....	02
2. Phytothérapie.....	02
3. Les Huiles essentielles .....	03
4. Les Métabolites .....	04
4.1. Les métabolites primaires .....	04
4.2. Les métabolites secondaires .....	04
5. Activité antioxydant .....	05
6. Activité antibactérienne .....	08
7. Activité insecticide .....	12
<b>CHAPITRE 2 : Monographie de la plante</b>	
<b>Monographie de plante étudié</b>	
1. Présentation .....	14
2. Description botanique de la plante .....	14
3. Distribution .....	15
4. Utilisations traditionnelles .....	15
5. Phytochimie et activités biologiques .....	15
<b>CHAPITRE 3 : Matériel et méthodes</b>	
1. Matériel végétal .....	16
2. Procédés d'extraction .....	16
2.1. Extraction Méthanolique par macération .....	16
2.2. Extraction aqueuse par décoction .....	16
3. . Dosage des composés phénoliques .....	17
3.1. Dosage des polyphénols .....	17
3.2. Dosage des flavonoïdes .....	18
4. . Evaluation de l'activité antioxydante (DPPH) .....	18

5.	. Evaluation de l'activité antimicrobienne.....	19
5.1.	Microorganismes testés.....	19
5.2.	Préparation de l'inoculum.....	19
5.3.	Activité antibactérienne.....	19
5.3.1.	Test des puits de diffusion.....	19
6.	. Activité insecticide.....	20
6.1.	Test de toxicité.....	20
<b>Chapitre 4 : résultats et discussions</b>		
1.	Rendement en extraits.....	21
2.	Dosage des composés phénolique.....	21
3.	Test du piégeage de radical libre DPPH .....	22
4.	Résultats de l'activité antibactérienne.....	24
5.	Effet des extraits aqueux de <i>I. graveolens</i> sur la mortalité de <i>Ocnogyna baetica</i> .....	25
<b>Conclusion.....</b>		28
<b>Références bibliographiques .....</b>		29

## Introduction

Le bassin méditerranéen est reconnu comme l'un des principaux centres mondiaux de biodiversité végétale. Sa richesse floristique remarquable représente un intérêt scientifique considérable, tant sur le plan biologique qu'écologique. Cette diversité constitue également une ressource précieuse pour les secteurs de l'alimentation, de l'agriculture, ainsi que pour les industries pharmaceutiques, cosmétique et agroalimentaire. Les plantes médicinales renferment une grande variété de composés bioactifs naturels, tels que les huiles essentielles, les flavonoïdes, les tanins, les coumarines, les saponines, les alcaloïdes et les composés phénoliques, leur conférant des propriétés biologiques multiples et prometteuses.

Dans ce contexte, l'Algérie grâce à sa situation géographique au sein de ce bassin et la diversité de ses conditions climatiques, constitue un milieu particulièrement favorable à l'émergence de nombreuses espèces de plantes aromatiques et médicinales. La composition chimique de ces espèces varie d'une région à une autre, traduisant l'influence des facteurs éco géographiques sur leurs propriétés biochimiques. Cette richesse floristique, encore largement sous-exploitée, offre ainsi un vaste potentiel pour le développement de recherches en phytochimie et pour la valorisation durable du patrimoine végétal national.

L'objet de cette étude est de valoriser l'espèce *Inula graveolens* connue par ses vertus thérapeutiques sur le plan activité bioactive.

Ce mémoire s'articule sur quatre chapitres : le premier fournit une synthèse bibliographique. Le second est une monographie de l'espèce d'étude. Le troisième chapitre traite la méthodologie suivie pour élaborer ce modeste travail. Le dernier chapitre traite les résultats et des discussions.

Ce travail de mémoire est achevé par une conclusion qui récapitule les principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives de sa continuité.

### 1. Plantes médicinales

Les plantes médicinales sont des plantes d'une grande importance, utilisées pour le traitement et la prévention de nombreuses maladies, constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurale et urbaine en Afrique et représentent le principal moyen par lequel les individus se soignent (**Badiaga ,2011**).

Les plantes médicinales sont des substances végétales qui ont au moins une partie de propriétés médicamenteuses. Il s'agit également de toutes les plantes contenant des substances actives pouvant être utilisées à des produits finis thérapeutiques, ou servant de précurseurs dans la fabrication de médicaments à visée bénéfique (**Newfel et metrouh, 2021**).

La concentration en composés bioactifs d'une plante médicinale dépend non seulement de l'organe utilisé, mais également de son stade de développement, de la saison et même de l'heure de la récolte. Cette variabilité naturelle impose de choisir avec soin le moment optimal pour la cueillette (**Belouada ,2005**).

Selon **Ouedraogo et al., 2021**, ces plantes représentent une source principale de médicaments, car les composés phytochimiques d'intérêt thérapeutique peuvent être extraits de différentes parties de la plante, telles que les fleurs, les feuilles, l'écorce, les fruits, les graines, et les racines avec des concentrations variables.

Les plantes médicinales possèdent des indicateurs biologiques et leur efficacité dépend de leurs composés spécifiques. Chaque plante renferme des milliers de substances actives présentes en différentes quantité (**MAÏS et al., 2017**). Qui sont notamment les composés phénoliques, et qui revêtent souvent une grande importance pour l'homme dans les secteurs agroalimentaire et pharmacologique (**Macheix et al., 2005**). Elles constituent une source précieuse des substances qui possède une activité pharmacologique, employées pour apaiser les douleurs, traiter divers maux et atténuer les souffrances. Par ailleurs, leur usage s'est renforcé au fil du temps, s'intégrant profondément dans les pratiques religieuses et spirituelles de nombreuses civilisations (**Tihboussine, 2020**).

### 2. Phytothérapie

La phytothérapie repose sur l'utilisation des plantes médicinales, en totalité ou en partie, à des fins thérapeutiques. Elle figure parmi les pratiques curatives les plus anciennes, remontant aux

origines de l'humanité. Depuis des millénaires, les êtres humains ont eu recours aux végétaux pour soulager divers maux, et ce, dans toutes les régions du monde (**Beat, 2013**).

La phytothérapie est reconnue par la Société médicale à part entière depuis 1987(**Institut Européen des Substances Végétales, 2008**). Elle consiste à utiliser des plantes ou uniquement leurs "parties actives" ayant des propriétés thérapeutiques pour soigner ou prévenir les maladies (**Wichtl, 2003**).

### **3. Les Huiles essentielles**

Le terme « huile essentielle » a été introduit au XVI<sup>e</sup> siècle par le médecin suisse Paracelse (Paracelsus von Hohenheim) pour désigner le principe actif extrait d'un remède d'origine naturelle (**Burt, 2004**). Les substances volatiles d'origine végétale, également appelées essences aromatiques, sont désignées sous le nom d'huiles essentielles, car elles sont censées contenir la "quintessence", c'est-à-dire l'âme odorante ou la fragrance caractéristique de la plante (**Lamarti et al., 1994**). Les huiles essentielles sont des substances volatiles, huileuses et odorantes, caractérisées par leur nature hydrophobe et leur solubilité dans les alcools. Lorsqu'elles sont pures et d'origine naturelle, elles ne contiennent aucun corps gras, étant exclusivement composées de molécules aromatiques volatiles. À température ambiante, elles se présentent sous forme liquide, avec une texture huileuse et une densité généralement inférieure à celle de l'eau à l'exception de certaines, comme celles de sassafras, de cannelle ou de girofle. Insolubles dans l'eau, elles doivent être conservées à l'abri de la lumière et de l'air afin de préserver leurs propriétés (**Duval, 2012**).

Les huiles essentielles constituent des mélanges hétérogènes de substances volatiles, synthétisées par les organismes vivants, généralement extraits par des procédés physiques tels que la distillation ou la pression (**Franz et Novak, 2010**). Elles sont accumulées dans des structures spécialisées telles que les glandes sécrétrices ou les poils glandulaires, et peuvent se retrouver dans toutes les parties de la plante, qu'il s'agisse des feuilles, des fleurs, des tiges, des racines ou des fruits (**Pengelly, 2004**). Puisqu'ils sont extraits par distillation, les constituants des huiles essentielles doivent présenter une certaine volatilité, avoir une masse moléculaire généralement inférieure à 300 Daltons et posséder un caractère légèrement hydrophobe (**Sell, 2010**).

## **4. Les Métabolites**

Les plantes médicinales contiennent des composés actifs impliqués dans divers processus biochimiques au sein de l'organisme. On trouve généralement deux grandes catégories de métabolites (**Hopkins, 2003**).

### **4.1. Les métabolites primaires**

Il s'agit de molécules organiques présentes dans toutes les cellules végétales, essentielles à leur survie. Elles interviennent dans le métabolisme cellulaire et la reproduction, et regroupent notamment les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques.

### **4.2. Les métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont des molécules dont la distribution est restreinte à certaines parties de la plante. Bien qu'ils ne participent pas directement aux fonctions vitales, ils jouent un rôle clé dans la protection contre les agressions extérieures (pathogènes, herbivores, stress environnementaux). Contrairement aux produits issus directement de la photosynthèse, ces composés sont formés à travers des voies métaboliques secondaires. Ils se regroupent principalement en trois grandes familles : les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes.

#### **- Composés phénoliques**

Les composés phénoliques, également appelés polyphénols, forment une vaste famille de substance largement présentes dans les végétaux. On les retrouve dans toutes les parties des plantes supérieures, notamment les feuilles, les tiges, les racines, les fleurs, les pollens, les graines, les fruits et le bois. Ils interviennent dans divers processus physiologiques essentiels tels que la croissance cellulaire, la formation des racines (rhizogénèse), la maturation des fruits et la germination des graines (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Les composés phénoliques se répartissent en plusieurs grandes classes, parmi lesquelles on retrouve principalement les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les coumarines (**Boizot et Charpentier 2006**).

## - Les composés terpéniques

Les terpénoïdes, avec plus de 22 000 composés identifiés, jouent des rôles cruciaux dans les plantes, en tant qu'hormones, pigments, transporteurs d'électrons et composants membranaires (**Connolly et Hill, 1991**).

Ils agissent également comme signaux de communication et mécanismes de défense, attirant les pollinisateurs, repoussant les herbivores et servant d'antibiotiques (**Devon et Scott, 1972**).

## - Les Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés chimiques à bases azotées, généralement hétérocycliques, très majoritairement d'origine végétale. Comme pour de nombreux produits naturels, presque tous les noms d'alcaloïdes se terminent par « -ine ». Par exemple, on trouve la nicotine, la caféine, l'atropine, l'ibogaïne, l'émétine, l'ergine et la morphine (**Brossi, 1989**).

Les alcaloïdes sont des composés bioactifs largement exploités en pharmacologie. Certains sont employés dans le traitement de maladie l'asthme bronchique ainsi que comme analgésiques et anti-allergiques, à l'image de l'éphédrine extraite d'*Ephedra sinica*. D'autres, comme la berbérine issue de *Berberis vulgaris*, possèdent des propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Par ailleurs, la galanthamine, un inhibiteur compétitif du cholinestérase, est employée dans la prise en charge de la maladie d'Alzheimer (**Mauro, 2006**).

## 5. Activité antioxydant

### -Les antioxydants

Les antioxydants sont des molécules capables de neutraliser ou de limiter les effets néfastes des radicaux libres dans l'organisme. Ils contribuent ainsi à maintenir des concentrations de ROS (espèces réactives de l'oxygène) non toxiques au niveau cellulaire. Face à cette production continue de radicaux libres, l'organisme met en œuvre des mécanismes de défense, comprenant deux lignes principales de protection intracellulaire, dont l'efficacité varie selon leur nature (Favier, 2003).

Les polyphénols possèdent des propriétés antioxydantes qui contribuent à la prévention de nombreuses pathologies liées au stress oxydatif, telles que le vieillissement cellulaire, les maladies cardiovasculaires et les affections dégénératives (**Wang et Mazza,**

**2002 ; Macheix et al., 2005 ; Sarni et al., 2006).** Les flavonoïdes exercent de multiples effets biologiques, en grande partie attribués à leurs propriétés antioxydantes, caractéristiques de ces composés naturels **(Fuhrman et al., 1995).**

De nombreuses recherches récentes en épidémiologie et, expérimentation mettent en évidence les activités antioxydantes et les activités antibactériennes des flavonoïdes, présents en abondance dans les plantes médicinales et alimentaires. Ces composés pourraient jouer un rôle essentiel dans la prévention de maladies cardiovasculaires et infectieuses, selon plusieurs études **(Johnson, 1999 ; Nicoli et al.,1999).**

Les antioxydants naturels, tels que les composés phénoliques en particulier les polyphénols, ont la capacité d'inhiber l'oxydation d'autres substrats en s'oxydant eux-mêmes plus rapidement. Cette action antioxydante est principalement liée à leur structure chimique, souvent aromatique, qui leur permet de céder facilement un atome d'hydrogène ou un électron **(Vansant, 2004).**

#### **-Les antioxydants endogènes (enzymatiques)**

Les antioxydants enzymatiques incluent le dismutase superoxyde (SOD), la catalase ainsi que la peroxydase glutathion **(Mika et al.,2004).** La superoxyde dismutase (SOD) joue un rôle clé en catalysant la dismutation des ions superoxydes en peroxyde d'hydrogène et en oxygène. La catalase, localisée principalement dans les peroxysomes et les érythrocytes, dégrade ensuite le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène. Quant à le glutathion peroxydase (GPx), elle réduit le peroxyde d'hydrogène en présence de glutathion. D'autres enzymes interviennent également dans le système immunitaire antioxydant de l'organisme, notamment la glutathion réductase, la thioredoxine réductase et la glutathion S-transférase **(Lubrano et Balzan, 2015).**

#### **-Les antioxydants exogènes (non enzymatiques)**

De nombreux composés présents dans notre alimentation tels que les vitamines, les nutriments et divers métabolites naturels sont reconnus pour leur activité antioxydante. Parmi les plus courants figurent la vitamine E ( $\alpha$ -tocophérol) et la vitamine C (acide ascorbique) **(Gardès-Albert et al., 2003).** Les antioxydants sont des composés essentiels capables de protéger l'organisme contre les effets néfastes du stress oxydatif provoqué par les radicaux libres. Il existe dans l'organisme une grande variété d'antioxydants capables de piéger les

radicaux libres, dont beaucoup proviennent de sources alimentaires telles que les fruits, les légumes et les thés (Souri et al. 2004).

Les antioxydants interviennent dans le système immunitaire de l'organisme selon trois mécanismes principaux :

- a) en neutralisant les radicaux libres grâce à la mise à disposition de petites molécules capables de les piéger et d'inhiber leur action nocive ;
- b) en participant à la réparation spécifique des dommages oxydatifs, notamment ceux causés à l'ADN par les espèces réactives de l'oxygène (ROS) (Ofor et al., 2016) ;
- c) en complexant les métaux de transition avec certaines protéines, limitant ainsi leur disponibilité pour réagir avec les radicaux libres.

#### - Test DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)

Le test au DPPH est une méthode couramment utilisée pour évaluer de manière rapide et directe l'activité antioxydante. Il permet de mesurer la capacité antiradicalaire de composés purs ou d'extraits végétaux dans un système modèle utilisant un solvant organique à température ambiante. Ce test repose sur la réduction d'une solution alcoolique de DPPH, un radical libre stable, connu pour sa forte capacité à capter des électrons ou des atomes d'hydrogène. Le DPPH présente une absorption caractéristique dans le domaine visible, avec un pic de 517 nm (bozin et al., 2008).

Le DPPH a été parmi les radicaux libres utilisés pour explorer la relation structure-activité des composés phénoliques. Ce test est largement employé en raison de sa simplicité, de sa rapidité d'exécution et de sa bonne reproductibilité (Brand-Williams, 1995). Le DPPH, initialement violet, se transforme en DPPH-H, jaune pâle selon l'équation suivante (figure 1)

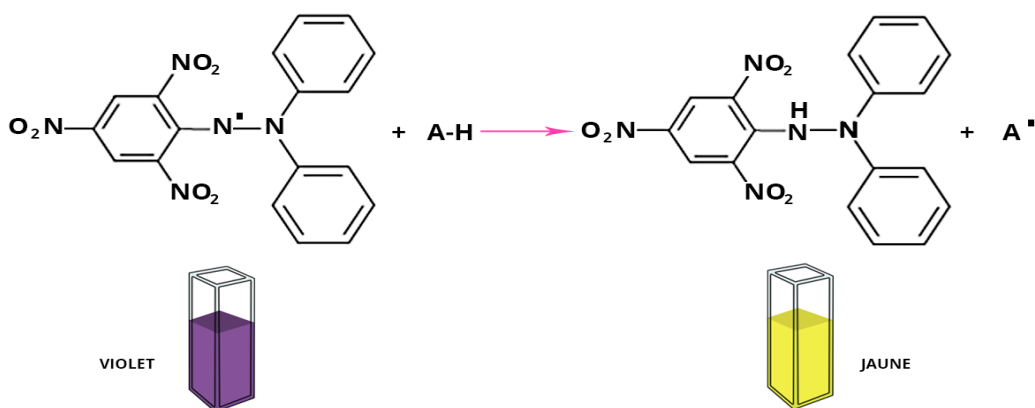


Figure 01: Mécanisme de réaction du DPPH avec un antioxydant

### - Les radicaux libres

Un radical est une entité chimique possédant un électron non apparié, ce qui lui confère une grande réactivité. Dans le contexte biologique, les radicaux dérivés de l'oxygène sont d'une importance particulière, car ils peuvent causer des dommages oxydatifs aux cellules s'ils ne sont pas équilibrés par des mécanismes de défense antioxydatifs (**Justine et Carole., 1981**).

### - Stress oxydant

Le stress oxydant survient lorsque l'équilibre entre les espèces oxydantes et les systèmes de défense(antioxydants) est rompu, entraînant des dommages souvent irréversibles pour la cellule (**Desmier, 2016**). Le stress oxydant se définit comme un déséquilibre entre la production de composés pro-oxydants, tels que les radicaux libres, et la capacité de l'organisme à les neutraliser ou les éliminer par ses systèmes de défense antioxydants (**Zerargui, 2015**).

## 6. Activité antibactérienne

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires, appartenant au règne des protistes, dont la taille varie généralement de 0,5 à 1 µm de largeur et de 0,5 à 8 µm de longueur. Observables uniquement au microscope, elles sont largement répandues dans divers milieux tels que l'air, le sol, l'eau et même la surface de la peau. Capables de se nourrir, de se reproduire de manière autonome et de s'adapter à des conditions variées, elles possèdent une remarquable capacité de survie (**Nicklin et al., 2000**). L'activité antimicrobienne peut se manifester sous deux formes distinctes : une action bactéricide, qui entraîne la destruction des micro-organismes, et une action bactériostatique, qui se traduit par l'inhibition de leur croissance sans les tuer directement (**Ayachi, 2014**).

### - Les antibiotiques

Le terme "antibiotique" provient du mot "antibiose", issu du grec *anti* signifiant "contre" et *bios* signifiant "vie". Il désigne une substance capable de détruire les bactéries ou d'inhiber leur croissance (**Torche et Bensegueni, 2019**).

Les antibiotiques sont des substances produites naturellement par des micro-organismes. Toutefois, on y inclut généralement les dérivés semi-synthétiques ainsi que les composés entièrement synthétiques. Le traitement des infections bactériennes repose principalement sur l'utilisation d'antibiotiques, qui agissent en inhibant de manière sélective

certaines voies métaboliques propres aux bactéries, tout en étant généralement non toxiques pour les organismes supérieurs. C'est cette sélectivité qui les différencie des antiseptiques **(Bergogne Berezin et Dellamonica, 1995)**

### **Classification des bactéries**

La coloration de Gram permet de classer les bactéries en deux groupes distincts. **(Benlahrache et Boukerzaza, 2022).**

#### **□ Les bactéries à gram positif :**

Les cocci à Gram positif sont impliqués dans environ 50 % des cas de sepsis documentés en France et aux États-Unis **(Zahar et al.,2011)**. Pendant le sepsis, plusieurs facteurs de virulence bactérienne entrent en jeu, et la réponse pro-inflammatoire excessive de l'hôte est impliquée dans l'apparition de défaillances multi-viscérales **(Annane et al.,2005)**.

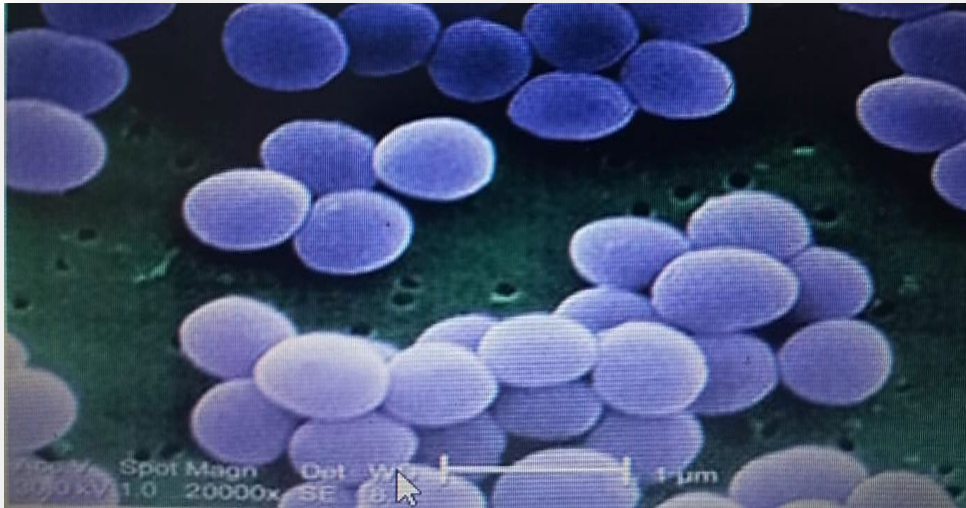
#### **□ Les bactéries à gram négatif :**

Les bacilles anaérobies à Gram négatif sont courants en tant que flore normale dans de nombreux sites du corps humain. Dans l'intestin, par exemple, ils surpassent les coliformes de 100 à 1. Ils participent sans aucun doute à de nombreux processus physiologiques, peuvent jouer un rôle dans certains états pathophysiologiques, et sont fréquemment impliqués dans des infections de divers types dans tout le corps **(Finegold et al, 1967)**.

### **Les souches bactériennes avec ses descriptions.**

#### **❖ *Staphylococcus aureus*/ Gram+**

Les espèces *Staphylococcus aureus* sont des cocci à Gram positif, de forme sphérique, mesurant entre 0,8 et 1 µm de diamètre. Elles se disposent typiquement en amas rappelant une grappe de raisin ou parfois en tétrades. Ces bactéries sont immobiles, dépourvues de spores et, en général, non capsulées. Plusieurs souches produisent un pigment caractéristique de couleur jaune doré **(Hennekinne, 2009)**.



**Figure 02:** L'espèce bactérienne *Staphylococcus aureus* (Anses, 2011).

***Escherichia coli***/ Gram–

*Escherichia coli* est une bactérie de type bacille à Gram négatif (Patrick et al., 1988), non sporulée, anaérobie facultative et généralement mobile grâce à la présence de flagelles. Sa taille varie entre 2 et 6 μm de longueur et entre 1,1 et 1,5 μm de largeur (Steven et al., 2004). Cette espèce constitue la majorité de la flore microbienne aérobie du tube digestif chez l'homme ainsi que chez de nombreux animaux. Certaines souches d'*E. coli* sont pathogènes, pouvant provoquer chez l'humain ou nombreux espèces animales des infections digestives, urinaires, voire des méningites néonatales. D'autres souches, appartenant à la flore commensale, peuvent devenir opportunistes et entraîner diverses infections, notamment chez les individus immunodéprimés (Patrick et al., 1988).



**Figure 03:** L'espèce bactérienne *Escherichia coli* (Anses, 2019).

❖ L'espèce *Bacillus cereus*/Gram+



*Bacillus cereus*, une bactérie du groupe *Bacillus cereus*, fait partie d'une branche distincte de bactéries Gram-positives dans le genre *Bacillus* (Frankland, et Frankland, 1887). Ce groupe comprend sept espèces étroitement liées, notamment *B. cereus*, *B. thuringiensis*, *B. anthracis*, *B. mycoides*, et d'autres (Cohn, 1872). Ces bactéries, qui vivent dans le sol, jouent un rôle crucial en tant que décomposeurs organiques et ont une importance médicale et économique en raison de leur potentiel pathogène pour les humains et les animaux (Helgason et al., 2004).

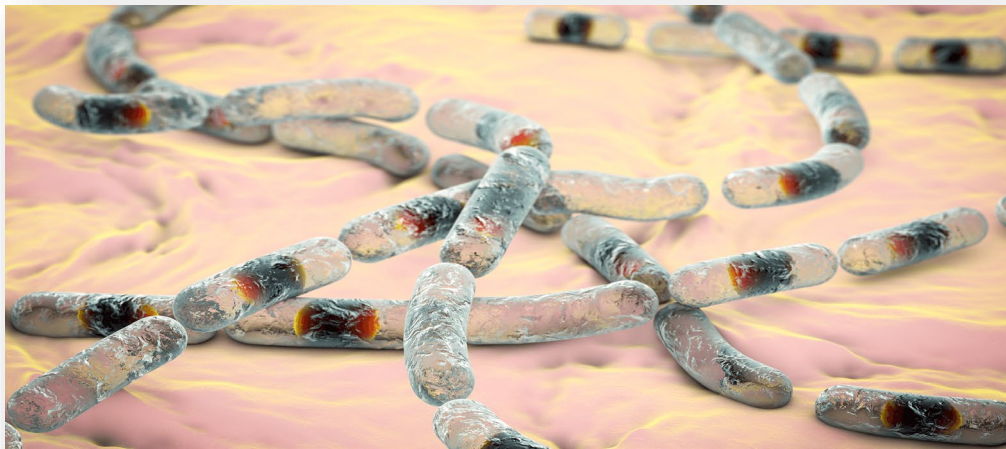


Figure 04: L'espèce *Bacillus cereus*

L'espèce *Salmonella* / Gram –

Les *salmonelles* sont des agents pathogènes intracellulaires chez les animaux à sang froid et à sang chaud. À sang froid et à sang chaud et sont d'importants agents zoonotiques. Zoonotiques. Le genre *Salmonella* est actuellement divisé en deux espèces deux espèces : *Salmonella enterica* et *Salmonella bongori*.

*S. enterica* est également divisé en six sous-espèces : *S. enterica* subsp. *Enterica*, *S. enterica* subsp. *salamae*, *S. enterica* subsp. *arizonae*, *S. enterica* subsp. *diarizonae*, *S. enterica* subsp. *houtenae* et *S. enterica* subsp. *indica*. À ce jour, plus de 2 500 sérovars différents ont été caractérisés, dont la plupart (1 531) sont classés dans la catégorie *Salmonella* sous-sp. *enterica* qui est à l'origine de plus de 99 % des des maladies humaines. La caractérisation est basée sur leurs antigènes de surface, où les antigènes O (somatiques) font partie du lipopolysaccharide à longue chaîne variable situés sur la membrane externe et les deux antigènes H (flagellaires) sont présents lorsque les deux structures flagellaires sont exprimées (Jacobsen et al., 2011).



**Figure 05:** *Salmonella enterica*

## **7. Activité insecticide**

Les denrées stockées sont fréquemment attaquées par divers insectes, ce qui entraîne des pertes considérables en quantité comme en qualité. Selon la FAO (2011), les insectes nuisibles seraient responsables d'environ 35 % des pertes de la production agricole mondiale. Face à cette problématique, de nombreuses recherches visent à isoler ou identifier des substances naturelles d'origine végétale présentant des propriétés insecticides ou répulsives (Lichtenstein, 1966). Par ailleurs, certaines espèces florales produisent des composés aux effets répulsifs notables contre des insectes coléoptères ciblant les produits entreposés **(Hashem et al., 2012)**.

Dans cette optique, les biopesticides à base d'huiles essentielles (HE) apparaissent comme des outils prometteurs dans les stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs. Grâce à leurs mécanismes d'action spécifiques, ils peuvent être utilisés de manière autonome ou en alternance avec d'autres produits, limitant ainsi le risque d'émergence de résistances chez les organismes nuisibles **(Chiasson et Beloin, 2007)**.

Les pesticides sont couramment utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles, de préserver les denrées stockées, de combattre les vecteurs de maladies et de protéger certaines espèces, par le biais d'actions chimiques ou biologiques **(El-Mrabet, 2009)**.

## **8. L'espèce étudié : *Ocnogyna baetica***

La pyrale de l'hiver, *Ocnogyna baetica* (Rambur), un arctiide univoltin dont les larves sont polyphages, est présente dans la zone méditerranéenne occidentale : Sud de l'Espagne et de l'Italie, Nord du Maroc, Algérie et Tunis (**Gómez de Aizpúrua, 1986**).

Les femelles, qui ont commencé à apparaître à la mi-novembre, pondent les œufs en grappes et les jeunes larves vivent en colonies grégaires sous un nid de toile blanche. Les nids de toile grandissent en même temps que les larves, jusqu'à la mue du troisième stade, après laquelle les larves se dispersent dans toutes les directions et errent même sur des distances considérables. Fréquemment, les larves migrent en masse des terrains vagues vers les champs cultivés, où elles attaquent des cultures telles que les légumineuses, les céréales, les betteraves à sucre et les vignes (**Vargas-Osuna et al., 1994**).

# **CHAPITRE II**

## **Monographie de la plante**

## CHAPITRE 2 : Monographie de la plante

### Monographie de plante étudié

#### *Inula graveolens*

**Famille :** *Asteraceae*

**Synonymes :** *Dittrichia graveolens*.

#### 1. Présentation

*I. graveolens* est une espèce méditerranéenne qui a été introduite dans plusieurs pays européens. Au cours des dernières décennies, l'espèce s'est répandue très rapidement le long des autoroutes en Europe centrale. En été 2008, elle a été détectée pour la première fois en Slovénie. En été 2008, elle a été détectée pour la première fois en Slovénie et des cartographies systématiques ont montré qu'elle était présente sur la plupart des autoroutes slovènes. Est signalée pour la première fois en Carinthie (Karnten), en Autriche. Une carte de répartition est présentée, ainsi que la description de la plante et les caractéristiques diagnostiques pour la différencier de celle de la Un nom slovène est proposé (**Frajman et Kaligarič, 2009**).

*I. graveolens* appartient à la famille des Asteraceae, qui est traditionnellement utilisée dans certains médicaments et additifs alimentaires. Il s'agit d'un genre de plantes herbacées annuelles qui poussent généralement en Irak, en Asie du Sud-Ouest et dans les régions méditerranéennes (**Al-Kaabi et al., 2021**).

#### 2. Description botanique de la plante

*Inula graveolens* est une plante annuelle entièrement couverte de poils glanduleux, visqueuse au toucher et dégageant une odeur forte et désagréable. Sa tige, dressée et très ramifiée, mesure entre 20 et 70 cm de hauteur, avec des rameaux étalés à dressés, abondamment feuillés. Les feuilles sont sessiles, étroites, linéaires, aiguës, entières ou faiblement dentées, les inférieures étant oblongues-linéaires. L'involucre est composé de bractées linéaires-lancéolées : les externes sont herbacées, tandis que les internes présentent des bords scarieux. Les akènes sont velus, rétrécis en col à leur sommet. Les capitules, petits et très nombreux, sont subsessiles et disposés en une panicule pyramidale lâche. Les fleurs, généralement jaunes et ne dépassant pas l'involucre, peuvent présenter une teinte violacée en périphérie (**Quizel et Santa, 1963**).

### **3. Distribution**

Elle a été distribuée en Afrique [Égypte, Algérie, Libye, Maroc, Tunisie] ; Asie [Irak, Iran, Palestine, Jordanie, Liban, Syrie, Turquie, Pakistan] ; Europe [Albanie, Bosnie, Bulgarie, Croatie, Grèce, Italie, Macédoine, Monténégro, Serbie, France, Portugal, Turquie, Serbie, France, Portugal, Espagne, Autriche, Belgique, République tchèque, Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Royaume-Uni, Slovaquie] ; Australasie [Australie, Nouvelle-Zélande] et Amérique du Nord [États-Unis] (Al-Snafi, 2018).

### **4. Utilisations traditionnelles :**

*Inula graveolens* a été largement utilisée en aromathérapie pour le traitement de l'asthme. Elle était utilisée comme : bronchospasmodique et mucolytique. Elle était largement utilisée en Irak pour le traitement de la fièvre rhumatismale, des convulsions infantiles et de l'asthme. Rhumatismale, les convulsions infantiles, les maux de dents, pour réduire le taux de sucre dans le sang, pour dissoudre les caillots sanguins internes et pour faciliter la digestion, et pour faciliter la digestion. Dans la médecine traditionnelle iranienne traditionnelle iranienne, il est utilisé comme anti-inflammatoire, antirhumatismal, antifongique et antiseptique, anti-inflammation, antirhumatismal, antitumoral, antipathogène et anti-infectieux, notamment dans le traitement de la leishmaniose. Il était également utilisé pour le traitement des infections urinaires, des hémorroïdes, du rhume et des infections des plaies (Al-Snafi, 2018).

### **5. Phytochimie et activités biologiques :**

L'étude phytochimique a montré qu'*Inula graveolens* contenait des polyphénols, des tanins, des flavonoïdes, de l'huile, des triterpénoïdes stéroïdiens, des sesquiterpènes et des anthraquinones, triterpénoïdes, des sesquiterpènes et des anthraquinones. Les recherches pharmacologiques ont révélé que *Inula graveolens* exerce des effets antimicrobiens, insecticides, antiagrégants plaquettaires, antiprolifératifs, antidiarrhéiques, antipyrétiques, analgésiques, anti-inflammatoires, analgésiques, anti-inflammatoires et anticholinergiques. (Al-Snafi, 2018).

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

### 1. Matériel végétal

La plante étudiée a été récoltée dans la région de Sétif au mois d'avril 2019. Elle a été séchée à l'ombre, dans un milieu sec et bien aéré, pendant 15 jours. Les parties aériennes ont ensuite été collectées, conditionnées dans des sacs en papier, puis conservées dans un endroit à l'abri de la lumière et de la chaleur élevé jusqu'à son utilisation.

### 2. Procédés d'extraction

#### 2.1. Extraction Méthanolique par macération

L'extraction méthanolique a été effectuée par macération : 50 g de parties aériennes broyées de la plante ont été immergées dans 500 ml de méthanol. Le mélange a été agité à température ambiante pendant 24 heures (figure 6a). L'extrait obtenu a ensuite été filtré à l'aide de papier filtre Whatman n°1, puis concentré sous vide à 45 °C à l'aide d'un évaporateur rotatif (figure 6b). Après un séchage dans une étuve à 40 °C, l'extrait sec a été récupéré, pesé et conservé à 4 °C jusqu'à utilisation (Atere et al., 2018).

#### 2.2. Extraction aqueuse par décoction

L'extraction de l'extrait aqueux a été effectuée par décoction un dispositif contenant une plaque chauffante et un bécher (figure 6). Brièvement, 50g de la plante broyée (parties aériennes) ont été immergées directement dans 500 ml d'eau distillée, puis l'ensemble a été porté à l'ébullition pendant 20 min. L'extrait a été filtré à travers du papier Whatman, puis séché dans une étuve (40°C). L'extrait sec a été récupérer, puis conservé à 4 °C à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation (Ben Othman et al., 2017).

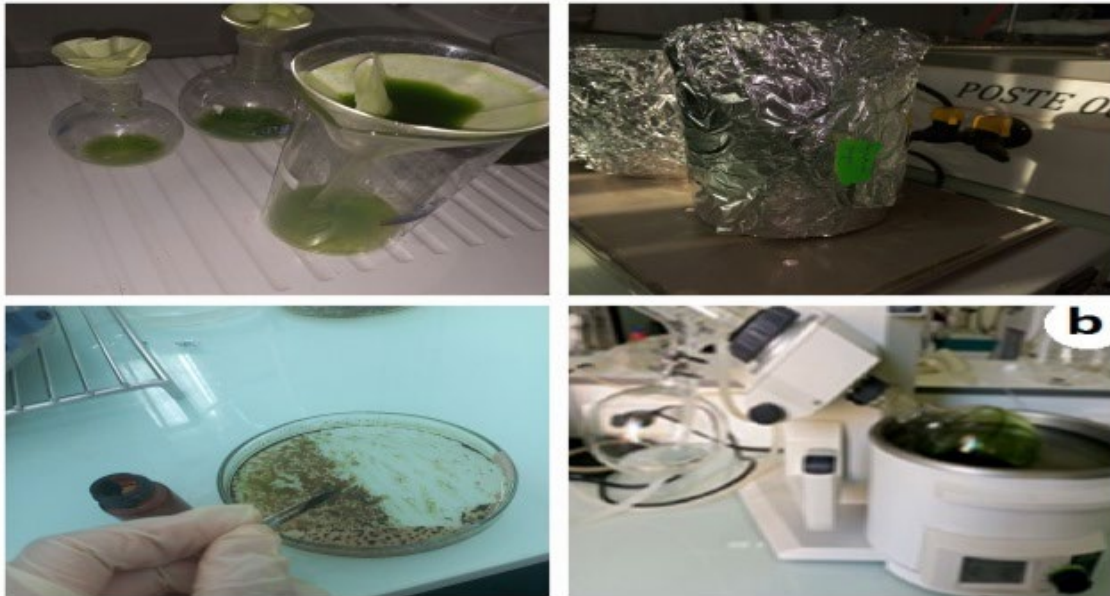
Le rendement des extraits des deux méthodes d'extraction est exprimé en pourcentage par rapport au poids sec sous la formule suivante (Bachiri et al., 2016) :

$$\text{Rendement}_{\text{Ext}}\% = \text{M}_{\text{Ext}} / \text{M}_{\text{Ech}} \times 100$$

Où ;

$\text{M}_{\text{Ext}}$ : Masse de l'extrait sec obtenue après évaporation du solvant en g

$\text{M}_{\text{Ech}}$ : Masse de la matière végétal en g.



**Figure 06** : procédés d'extraction

### 3. Dosage des composés phénoliques

#### 3.1. Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu, en présence de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Ce réactif, constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$ ), présente initialement une teinte jaune. En présence de composés phénoliques, ces acides sont réduits, formant des complexes de sels de tungstène ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) et de molybdène ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ ), responsables d'une coloration bleue. L'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 750 nm (**Boubrkri, 2014**). Les polyphénols totaux ont été déterminés par spectrophotométrie selon la méthode décrite par (**Atere et al., 2013**). Brièvement, un volume de 0.1 ml de l'extrait Méthanolique ou Aqueux est introduit dans un tube à essai, puis 0.9 ml d'eau distillée et 0.2 ml du réactif de Folin Cioclateu (10%, v/v) sont ajoutés. Après 5 min, 1 ml de carbonate de sodium (7%, w/v) est ajouté puis le volume est complété à 2.5 ml avec de l'eau distillée. Les tubes sont agités puis incubés dans l'obscurité à température ambiante pendant 90 min. L'absorbance à 750nm est ensuite mesurée contre un blanc à l'aide d'une microplaque. La teneur en polyphénols totaux est déterminée à partir de l'équation d'une courbe étalon établie à l'aide d'un standard, l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait sec (mg EAG/g d'extrait).

### 3.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes présentent un groupement hydroxyle libre en position 5, capable de réagir avec le groupement carbonyle pour former un complexe coloré en présence de chlorure d'aluminium. Par chélation, ces composés phénoliques interagissent avec certains métaux, tels que le fer ou l'aluminium, formant des complexes de couleur jaunâtre. Ce phénomène s'explique par la capacité du métal, notamment l'aluminium, à céder deux électrons pour se lier à deux atomes d'oxygène issus de la structure phénolique, qui jouent le rôle de donneurs d'électrons. (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1972).

Les teneurs des flavonoïdes dans l'Extrait méthanolique et l'Extrait aqueux de *I. graveolens* a été déterminé selon la méthode de trichlorure d'aluminium (Aktumsek *et al.*, 2013). Brièvement, un volume de 150 µl de AlCl<sub>3</sub> à 2% a été mélangé avec 150 µl de l'extrait (à différentes concentrations). Après agitation, le mélange est incubé pendant 10 min à la température ambiante et l'absorbance à 415 nm est ensuite mesurée, contre un blanc, à l'aide d'un lecteur de microplaque. Le taux des flavonoïdes est déterminé en utilisant une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par g de d'extrait (µgEQ/g d'extrait).

### 4. Evaluation de l'activité antioxydante (DPPH)

Le pouvoir de piégeage des radicaux libres de l'Extrait méthanolique et l'Extrait aqueux de *I. graveolens* a été déterminé en utilisant le 2,2-diphényl-1picrylhydrazole (DPPH) comme radical libre. Un volume de 150 µl de la solution méthanolique ou l'Aqueux (à différentes concentrations) est mélangé avec 150µl d'une solution de DPPH (0.004%). Dans le contrôle est remplacés par le méthanol. Le milieu réactionnel est vigoureusement agité puis incubé à l'obscurité pendant 30min à la température ambiante. L'absorbance à 517nm est ensuite mesurée contre un blanc à l'aide d'un lecteur de microplaques. Le BHT est utilisé comme standard et le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH est calculé par la formule suivante :

$$I (\%) = [(A_c - A_t) / A_c] \times 100$$

Où :

I (%) est le pourcentage d'inhibition ;

A<sub>c</sub> est l'absorbance du contrôle ;

A<sub>t</sub> est l'absorbance de l'échantillon.

La concentration de l'échantillon fournissant 50% d'inhibition (IC<sub>50</sub>) est calculée à partir du graphique représentant le pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de l'extrait méthanolique ou l'Aqueux (Atere et al., 2013).

## **5. Evaluation de l'activité antimicrobienne**

### **5.1. Microorganismes testés**

Les bactéries testées sont soumises à l'action de l'extrait méthanolique ou l'Aqueux de *I. graveolens* sont des bactéries de référence disponibles au niveau de laboratoire de microbiologie du département de Microbiologie et Biochimie : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ; *Bacillus subtilis* ATCC 9372 ; *Salmonella enterica* ATCC 43972.

### **5.2. Préparation de l'inoculum**

Les souches bactériennes ont été initialement cultivées dans un bouillon nutritif et incubées à 37 °C pendant 18 heures. Après cette étape, un ensemencement sur gélose nutritive a été réalisé, suivi d'une incubation à la même température et durée afin d'optimiser la croissance bactérienne. À l'aide d'une anse de platine, quelques colonies bien isolées et morphologiquement similaires ont été prélevées, puis transférées dans 9 ml d'eau physiologique stérile. La suspension obtenue a été homogénéisée, et sa turbidité ajustée à 0,5 selon l'échelle de McFarland, afin de normaliser la concentration bactérienne.

### **5.3. Activité antibactérienne**

#### **5.3.1 Test des puits de diffusion**

À l'aide d'un emporte-pièce, des puits de 6 mm de diamètre sont réalisés dans la gélose Mueller-Hinton (MHA) préalablement coulée dans des boîtes de Pétri. Trois puits sont disposés à équidistance du centre et des bords de la boîte. La surface du milieu a été ensemencée par écouvillonnage avec la suspension bactérienne préparée selon la méthode décrite précédemment. Dans des conditions aseptiques l'extrait méthanolique et l'aqueux ont été dissout dans du diméthyl sulfoxyde (DMSO), pour atteindre une concentration finale de 150 mg/ml et 30µl de cette concentration sont incorporés dans chaque puits. Les diamètres d'inhibition sont ensuite mesurés autour des puits après une pré-incubation de 1 heure à 4°C pour que l'extrait puisse diffuser et une incubation à l'étuve à 37°C pendant 24 heures (Ben Sassi et al., 2007).

## 6. activité insecticide

### 6.1. Test de toxicité

Les larves de *Ocnogyna baetica* sont isolés et regroupés par 10 individus en trois répétitions dans des boîtes de pétri avec différentes concentrations (25, 50 et 100 mg/ml) de l'extrait méthanolique et l'aqueux de la plante *Inula graveolens*.

### 6.2. Analyse statistique

#### ❖ Test toxicologique

Dans le cadre de l'étude toxicologique, les concentrations létales (CL<sub>50</sub> et CL<sub>90</sub>) de chaque bio-insecticide testé ont été déterminées selon les méthodes statistiques décrites par **Finney (1971)**. Le taux de mortalité observé a été corrigé à l'aide de la formule d'Abbott, afin d'obtenir une estimation plus précise de la toxicité réelle des biopesticides. Les pourcentages de mortalité ont ensuite été transformés en valeurs angulaires selon les tables de Bliss, ce qui permet de normaliser les données. Ces dernières ont fait l'objet d'une analyse de variance à l'aide du logiciel XLStat 2014. Elles ont par la suite été converties en probits afin de tracer une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des concentrations testées.

Une analyse statistique identique a été appliquée pour le calcul des temps létaux (TL<sub>50</sub> et TL<sub>90</sub>) associés à chaque concentration. Après correction des taux de mortalité par la formule d'Abbott, les données ont été transformées selon les tables de Bliss, puis soumises à une analyse de variance (XLStat 2014). Elles ont également été converties en probits afin d'établir une courbe de régression linéaire en fonction des logarithmes décimaux des temps d'exposition.



**Figure 07** : Model biologique testée (*Ocnogyna baetica*) au niveau de laboratoire

# **Chapitre 4**

## **Résultats et discussions**

## Chapitre 04 : résultats et discussions

### 1. Rendement en extraits

Les caractéristiques organoleptiques ainsi que le rendement moyen des deux extraits méthanolique et aqueux obtenus par macération et décoction respectivement des parties aériennes d'*Inula graveolens* sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 01** : Caractères organoleptiques et le rendement en extraits organiques de *I. graveolens*

Extraits	Caractéristiques			Rendement (%)
	Aspect	Couleur	Odeur	
EM	Visqueux	Vert foncé	Forte	9.20%
Eaq	Cristallisé	Brun foncé	Faible	9.89%

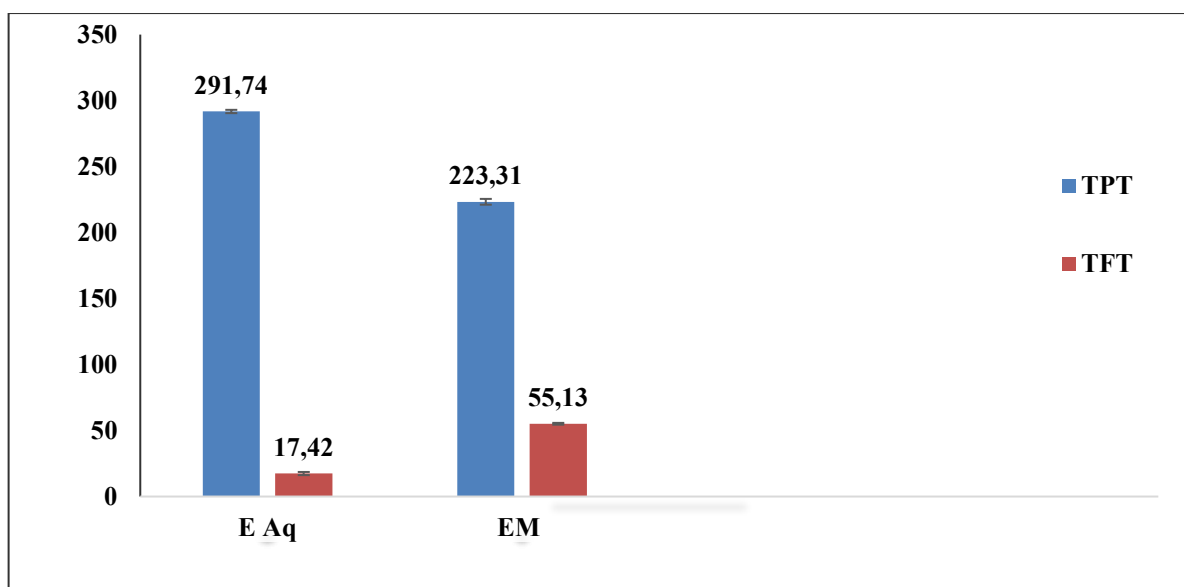
Le tableau n°1 présente les résultats d'extraction des extraits méthanolique et aqueux. Il apparaît que le rendement de l'extrait aqueux (9,89 %) est légèrement supérieur à celui de l'extrait méthanolique (9,2 %). Cette différence reste toutefois faible et n'excède pas 1 %. Cette variation de rendement est attribuée à la nature du solvant utilisé.

Les études de **Al-Fartosy 2011** et de **Al-Kaabi et al 2021** ont montré l'obtention de (10g) et de (9.47g) respectivement d'extrait méthanolique à partir de (100 g) de la plante *Inula graveolens*.

On en déduit que les résultats sont très proches, ce qui est certain car il s'agit de la même méthode d'extraction.

### 2. Dosage des composés phénoliques

Les valeurs des polyphénols totaux (TPT) et des flavonoïdes totaux (TFT) des extraits aqueux et méthanoliques d'*Inula graveolens* ont été évaluées à l'aide de méthodes colorimétriques : la méthode de Folin-Ciocalteu pour les TPT et celle au trichlorure d'aluminium pour les TFT. L'acide gallique et la quercétine ont été utilisés comme standards de référence pour les TPT et TFT, respectivement.



**Figure 08** : les teneurs en TPT ( $\mu\text{gEAG/mg}$ ) et en TFT ( $\mu\text{gEQ/mg}$ ) des extraits EM et E Aq de *Inula graveolens*

Les résultats ont montré que la teneur en TPT était plus élevée dans les extraits aqueux et méthanolique, avec des valeurs (291,74) et (223,31) ( $\mu\text{gEAG/mg}$ ) respectivement.

En revanche, la teneur en TFT était plus élevée dans l'extrait méthanolique avec (55,13) que l'extrait aqueux (17,42) ( $\mu\text{gEQ/mg}$ ). Ceci a également été confirmé par l'étude de **Boudkhili M et al, (2011)** sur la même espèce étudiée où la teneur en TPT ( $86.19 \pm 3.04 \mu\text{g GAE/mg}$ ) était supérieure à celle en TFT ( $9.72 \pm 0.94 \text{ mg QE/g}$ ).

### 3. Test du piégeage de radical libre DPPH

**Tableau 02** : Les valeurs  $\text{IC}_{50}$  ( $\mu\text{g/ml}$ ) de l'EM et de l'EAq de *I. graveolens* et du standard BHT dans le test de DPPH

Types d'extraits		BHT
EM	EAq	
$39,02 \pm 2,33$	$18,06 \pm 0,89$	$18,45 \pm 0,25$

Ce test repose sur la capacité des extraits à réduire le radical libre DPPH, marquant ainsi leur potentiel antioxydant, de couleur violette, en une forme réduite jaune. Cette décoloration, proportionnelle à l'activité antioxydante, est quantifiée par spectrophotométrie (**Merouane et al., 2014**). Les résultats obtenus du test DPPH de *I. graveolens* présenté dans le (Tableau 2) ont révélé que l'extrait aqueux est le plus efficace avec une valeur d' $\text{IC}_{50}$  ( $18,06 \pm 0,89$ )  $\mu\text{g/ml}$  et proche du standard BHT standard ( $18,45 \pm 0,25$ )  $\mu\text{g/ml}$  C'est plutôt un peu

moins que ça. Cela indique que l'extrait aqueux de *I. graveolens* possède une activité antioxydante très puissante, se comparant positivement à celle de l'antioxydant synthétique bien connu le BHT Par rapport l'Extrait Méthanolique avec IC50 ( $39,02 \pm 2,33$ )  $\mu\text{g/ml}$ , signifier une activité antioxydante considérable mais reste inférieur à celle du BHT et aussi moins que l'activité de l'extrait aqueux. Cette variation dû à la teneur en composés phénoliques trouvés dans les extraits déjà présenté précédemment dans la figure 08

Les résultats obtenus sont attribués à la nature polaire des composés actifs (polyphénols) antioxydants présents dans *I. graveolens*, ces composés ayant une grande solubilité dans l'eau comparativement aux solvants organiques, ce qui explique la forte activité antioxydante de l'extrait aqueux par rapport à l'extrait Méthanolique.

Ces résultats sera confirmé par l'étude réalisée de **Silinsin et Bursal en 2018** pour la même plante a montré que l'extrait aqueux avait une activité antioxydante supérieure à celle de l'extrait éthanolique et le rapport d'IC50 dans l'EAq a atteint (29,1) et dans l'EEth (35,9).

Cependant, il existe une différence entre les deux études. En effet, l'IC50 de l'EEth dans cette étude est de (35,9,)  $\mu\text{g/ml}$  ce qui est inférieur à celui de notre étude actuelle pour l'extrait Méthanolique ( $39,02 \pm 2,33$ )  $\mu\text{g/ml}$ . En revanche, l'EAq présente une valeur de (29,1)  $\mu\text{g/ml}$ , qui est supérieure à celle de notre extrait aqueux ( $18,06 \pm 0,89$ )  $\mu\text{g/ml}$

Les différences dans l'activité antioxydante sont souvent attribuées à la polarité variable des solvants utilisés lors du processus d'extraction, ainsi qu'à l'influence des conditions climatiques des zones de collecte des échantillons. De plus en plus la présence d'interactions synergiques entre les antioxydants au sein d'un même mélange fait que l'efficacité de l'activité antioxydante ne repose pas uniquement sur la concentration des composés, mais aussi de leur nature et de leur structure chimique. Il est donc essentiel de prendre en considération ces facteurs lors de l'évaluation de l'activité biologique (**Falleh et al., 2008**).

#### 4. Résultats de l'activité antibactérienne

**Tableau 03** : Les diamètres d'inhibitions de l'EM et de l'EAq de *I. graveolens* sur les souches bactériennes

Bactéries	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)	
	Méthanol (EM)	Aqueux (EAq)
<i>Bacillus subtilis</i>	18.33 ± 1.44	11 ± 0.86
<i>Staphylococcus aureus</i>	15.16 ± 1.25	15.66 ± 1.15
<i>Salmonella enterica</i>	16.66 ± 2.02	14.33 ± 0.76

L'activité antibactérienne des extraits méthanolique et aqueux d'*I. graveolens* a été évaluée par la méthode de diffusion sur gélose à l'aide de puits, en mesurant les diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne autour des puits contenant les extraits testés, contre trois souches bactériennes, comme indiqué dans le tableau 3.

Nous notons tout d'abord un effet positif des deux extraits contre les bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Cet effet a été confirmé par l'étude de **Boudkhili et al. (2014)**, qui a également mis en évidence une activité contre *Staphylococcus aureus* et *Salmonella enterica*. L'effet le plus prononcé a été observé sur *Staphylococcus aureus*, avec une zone d'inhibition atteignant 35 mm.

L'extrait méthanolique a présenté l'effet le plus marqué sur *Bacillus subtilis* (diamètre : 18,33 ± 1,44 mm). L'effet sur *Staphylococcus aureus* était similaire pour les deux extraits : méthanolique (15,16 ± 1,25 mm) et aqueux (15,66 ± 1,15 mm).

Concernant *Salmonella enterica*, l'extrait méthanolique (16,66 ± 2,02 mm) s'est révélé nettement plus efficace que l'extrait aqueux (14,33 ± 0,76 mm).

Ainsi, les trois souches étudiées se sont montrées sensibles aux extraits méthanolique et aqueux des coumarines de l'espèce d'*I. graveolens*

### 5. Effet des extraits aqueux de *I. graveolens* sur la mortalité de *Ocnogyna baetica*

L'étude de l'effet des extraits aqueux d'*Inula graveolens* sur *Ocnogyna baetica*, après trois jours de traitement, révèle que la mortalité des larves varie en fonction du temps d'exposition et des concentrations appliquées (Tableau 4). À la concentration la plus faible (25 g/L), un taux de mortalité de 3,33 % est observé après 24 heures, atteignant 46,67 % au troisième jour. En revanche, à la concentration la plus élevée (100 g/L), la mortalité atteint déjà 40 % après 24 heures et augmente jusqu'à 80 % au bout de trois jours.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre des différences significatives entre les taux de mortalité enregistrés à 24 heures en fonction des concentrations testées ( $F_{obs} = 8,51$  ;  $p = 0,017$ ) (Tableau 4).

**Tableau 04** : Taux de mortalité des larves traité par différentes concentrations de l'extraits aqueux de *Inula graveolens*.

Concentrations	24 heures	48 heures	72 heures	$F_{obs}$	$P$
25 g/l	3.33%	13.33%	46.67%	<b>2.45</b>	<b>0.17</b>
50 g/l	13.33%	33.33%	63.33%	<b>1.94</b>	<b>0.22</b>
100 g/l	40.00%	43.33%	80%	<b>3.41</b>	<b>0.10</b>
$F_{obs}$	<b>8.51</b>	<b>2.26</b>	<b>0.25</b>		
$P$	<b>0.017*</b>	<b>0.18</b>	<b>0.78</b>		

L'utilisation des mêmes concentrations d'extraits méthanoliques de *I. graveolens* a induit des taux de mortalité variables, allant de 10 % à 33,33 % (Tableau 5). Après 24 heures de traitement avec une concentration de 25 g/L, un taux de mortalité de 10 % a été enregistré. Ce taux a augmenté progressivement pour atteindre 33,33 % après 72 heures d'exposition.

Cette progression temporelle suggère un effet toxique cumulatif des extraits méthanoliques, avec une efficacité croissante en fonction de la durée d'exposition. Cela met en évidence le potentiel bio-insecticide ou larvicide des composés présents dans l'extrait méthanolique de *I. graveolens*, bien que les taux de mortalité observés restent modérés.

**Tableau 05 :** Taux de mortalité des larves traité par différentes concentrations de l'extraits méthanolique d'*Inula graveolens*.

Concentrations	24 heures	48 heures	72 heures	F <sub>obs</sub>	P
25 g/l	10.00%	26.67%	33.33%	9.79	0.01*
50 g/l	10.00%	10.00%	23.33%	16.00	0.004**
100 g/l	0	16.67%	23.33%	8.16	0.02*
F <sub>obs</sub>	/	8.72	3.84		
P	/	0.017*	0.08		

Les résultats présentés dans le tableau 6 indiquent une forte corrélation positive entre les taux de mortalité et les concentrations des extraits aqueux et méthanoliques d'*Inula graveolens*.

Les calculs des concentrations létales (CL50% et CL90%) montrent que l'extrait Aqueux est bien que l'extrait méthanolique aux différentes concentrations de cette bio-insecticide. Après 3 jours de traitement, il est nécessaire d'utiliser une concentration de 28,18 µg/ml pour éliminer 50% de *Ocnogyna baetica* pour l'extrait aqueux, et 2.69 µg/ml pour l'extrait méthanolique.

Et pour éliminer 90% de la population des *Ocnogyna baetica* pendant une période de 3 jours, la concentration de cette bio-insecticide doit être égale à 151,36 µg/ml et 194,98 µg/ml chez l'extrait méthanolique et l'aqueux respectivement (Tableau 6 et 7)

**Tableau 06 :** Concentrations létales de l'extraits aqueux de *Inula graveolens*.

Temps d'exposition	24 heures	48 heures	72 heures
CL 50% (g/l)	128.82	208.93	28.18
CL90% (g/l)	398.11	60.3 x 10 <sup>4</sup>	194.98
Régression	Y= -0,54 + 2,63 X (R = 1.00)	Y= 4,14 - 0,37 X (R = 0.99)	Y= 2,76 + 1,54 X (R = 1.00)

**Tableau 07 :** Concentrations létales des extraits méthanolique de *Inula graveolens*.

Temps d'exposition	24 heures	48 heures	72 heures
CL 50% (g/l)	19.50	1.23	2.69
CL90% (g/l)	12.02	144.54	151.36
Régression	Y= 12,97 - 6,18 X (R = 0.75)	Y= 5,02 -0,57 X (R = 0.27)	Y=-5,21 0,49 X (R = 0.75)

En ce qui concerne les résultats relatifs aux temps létaux, résumés dans le tableau 8, une forte corrélation positive est observée entre les taux de mortalité induits par les deux extraits (aqueux et méthanolique) d'*Inula graveolens* et les durées d'exposition. Cette relation est confirmée par des coefficients de corrélation allant de 0,61 à 0,98.

Les résultats indiquent que TL90% de l'extrait méthanolique prend 8912,51h avec la faible concentration cependant l'extrait aqueux qui prend un temps de (194,98h). Tandis que forte concentration 100 µg/ml, le TL 90% est de 102,33h et 154,88h chez l'extrait méthanolique et aqueux respectivement (Tableau 8 et 9). Ce résultat obtenu montre que les temps létaux diminuant avec l'augmentation des concentrations des deux extraits aqueux et méthanolique d'*Inula graveolens*.

**Tableau 08 :** Temps létaux des extraits aqueux de *Inula graveolens*.

Concentration	Régression	TL50%	TL90%
25 g/l	Y = -1,82 + 3,54 X (R = 0.94)	85.11 h	194.98 h
50 g/l	Y = -0,25 + 2,96 X (R = 0.97)	58.88 h	162.18 h
100 g/l	Y = 1,73 + 2,08 X (R = 0.68)	37.18 h	154.88 h

**Tableau 09 :** Temps létaux des extraits méthanolique de *Inula graveolens*.

Concentration	Régression	TL50%	TL90%
25 g/l	Y = 1,23 + 1,83 X (R = 0.98)	114.81 h	575.44 h
50 g/l	Y = 2,21 + 1,03 X (R = 0.61)	512.86 h	8912.51 h
100 g/l	Y = -12,69 + 9,43 X (R = 0.90)	75.86 h	102.33 h

## Conclusion

Cette étude analytique de *I. graveolens* met en évidence sa richesse en composés phytochimiques aux effets biologiques variés, incluant des propriétés antioxydantes, insecticides et antimicrobiennes.

Les résultats ont montré que l'extrait aqueux présente un rendement légèrement supérieur (9,89 %) à celui de l'extrait méthanolique (9,20 %), bien que l'écart reste faible.

L'étude phytochimique a révélé que la teneur en composés phénoliques totaux (TPC) est plus élevée dans l'extrait aqueux (291,74 µg EAG/mg) comparé à l'extrait méthanolique (223,31 µg EAG/mg). En revanche, la teneur en flavonoïdes totaux (TFT) est plus importante dans l'extrait méthanolique (55,13 µg EQ/mg) que dans l'extrait aqueux (17,42 µg EQ/mg), ce qui suggère une sélectivité des solvants selon la nature des composés extraits.

Par ailleurs, les analyses biologiques ont mis en évidence une activité antioxydante remarquable, notamment pour l'extrait aqueux, qui s'est révélé être un excellent piègeur du radical libre DPPH, surpassant même l'antioxydant de référence, le BHT. Cette capacité antioxydante est d'une grande importance, car elle peut contribuer à la prévention de diverses pathologies liées au stress oxydatif, telles que les maladies neurodégénératives, cardiovasculaires, certains types de cancers, ainsi que le vieillissement prématuré.

Enfin, *Inula graveolens* se révèle être une plante prometteuse sur le plan phytochimique et biologique. Sa richesse en composés bioactifs, ainsi que ses propriétés antioxydantes, antibactériennes et insecticides, en font une candidate intéressante pour des applications futures dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique. Ces résultats encouragent la poursuite des recherches afin d'approfondir l'identification des substances bioactives.

## Références bibliographiques

- Favier, A. (2003). Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.
- Al-Fartosy, A. J. (2011). Antioxidant properties of methanolic extract from *Inula graveolens* L. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(6), 591-596.
- Al-Kaabi, W. J., Albukhaty, S., Al-Fartosy, A. J., Al-Karagoly, H. K., Al-Musawi, S., Sulaiman, G. M., & Soliman, D. A. (2021). Development of *Inula graveolens* (L.) plant extract electrospun/polycaprolactone nanofibers: a novel material for biomedical application. *Applied Sciences*, 11(2), 828.
- Al-Snafi, A. E. (2018). Chemical constituents and pharmacological effect of *Inula graveolens* (Syn: *Dittrichia graveolens*)-A review. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 5(4), 2183-2190.
- Annane, D., Bellissant, E., & Cavaillon, J. M. (2005). Septic shock. *The Lancet*, 365(9453), 63-78.
- Anses. (2011). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Staphylococcus aureus* et entérotoxines staphylococciques.1-4.
- Anses. (2019). *Escherichia coli* entérohémorragiques. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments, p1.
- Ayachi, A. B. (2014). Etudes chimique et biologique des extraits de trois *Daucus* (*D. crinitus*, *D. muricatus* et *D. carota* ssp *hispanicus*) de la région de Tlemcen. *Doctorat en sciences. Université ABOU BEKR BELKAÏD DE TLEMEN*. 262p.
- Badiaga, M. (2011). Etude Ethnobotanique, Phytochimique Et Activités Biologiques De *Nauclea Latifolia* Smith, Une Plante Médicinale Africaine Récoltée Au Mali. Thèse De Doctorat, Université De Bamako.
- Beat , M. (2013). La Phytothérapie – La Base Bien Documentée. Békro Y.A., B. J. (2007). Etude Ethnobotanique Et Screening Phytochimique De *Caesalpinia Benthiana* (Baill.). *Sciences Et Nature*, 4, 217-225.
- Belouada, A. (2005). *Plantes Médicinales D'algérie*. Alger: Office Des Publication Universitaire.

- Benlahrache ,R et Boukerzaza, S.,(2022). Evaluation de l'activité antibactérienne de deux extraits de la plante *Centaurea dimorpha*. Mémoire présenté du diplôme de Master. Université Frère Mentouri Constantine I. 44p.
- Bergogne-Berezin, E., Dellamonica, P. (1995) *Antibiothérapie en pratique clinique*. Ed Masson, Paris, 486 p.
- Boizot N., Charpentier J.P., (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Méthodes et outils pour d'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques*, INRA, 79-82
- Boudkhili, M., Greche, H., Bousta, D., Farah, A., El Ouali Lalami, A., & Aarab, L. (2011). Antioxidant activities of some Moroccan's plants. *International Review of Chemical Engineering*, 3(5), 537-541.
- Bozin B., Mimica-Dukic N., Bogavac M., Suvajdzic L., Simin N., Samojlik I., Couladis M. (2008). Chemical composition, antioxidant and antibacterial properties of *Achillea collina* Becker ex Heimerl sl and *A. pannonica* Scheele essential oils. *Molecules*. 13(9), 2058-2068.
- Brand-Williams W., Cuvelier M., Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity LWT. *Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.
- Brossi A. (1989). *The Alkaloids, chemistry and pharmacology*, Academic Press. Bruneton J. (1999). *Pharmacognosie phytochimie plantes médicinales*. 3e édition Tec et Doc, Paris.
- Bruneton, J. (2005). *Plantes toxiques et végétaux dangereux pour l'homme et les animaux*, 3e édn. Paris, France, Lavoisier.636p.
- Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *Int J Food Microbiol.*, 94: 223-253.
- Cañizo, J. del. 1928. Las plagas de *Ocnogyna bactica*, Ramb., en e Sur de España. *Bol. Patol. Veg. Entomol. Agric.* 3, 8-16.
- Chiasson H., Beloin N. (2007). Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre ». *Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, Antennae.* (14): 1.
- Cohn, F. (1872). Untersuchungen über Bakterien. *Beitrage zur Biologie der Pflanzen* 1(2). 127–224.

- Connolly, J. D., et Hill, R. A. (1991). Triterpenoids. In Second Supplements to the 2nd Edition of Rodd's Chemistry of Carbon Compounds .pp.555-596.
- De Silva, T. (1997). Industrial utilization of medicinal plants in developing countries. *Medicinal plants for forest conservation and health care. FAO, Rome, 92*, 34-44.
- Desmier, T. (2016). Les antioxydants de nos jours: définition et applications (Doctoral dissertation). Université de Limoges.
- Devon, T. K., et Scott, A. I. (1972). the diterpenes. Handbook of Naturally Occurring Compounds, 185-274.
- Duval L. (2012). Les huiles essentielles à l'officine. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Rouen, France, 155p.
- El-Mrabet, K. (2009). Développement d'une méthode d'analyse de résidus de pesticides par dilution isotopique associée à la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem dans les matrices céréalières après extraction en solvant chaud pressurisé. Thèse de Doctorat. Université de Pierre et Marie Curie, Paris, 292 p.
- Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C., (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs and their biological activities. *Com Ren Biol*, 331: 372-379
- Finegold, S. M., Harada, N. E. et Miller, L. G., (1967). Antibiotic susceptibility patterns as aids in classification and characterization of gram-negative anaerobic bacilli. *Journal of Bacteriology*. 94(5). 1443-1450.
- Frajman, B., & Kaligarič, M. (2009). *Dittrichia graveolens*, nova tujerodna vrsta slovenske flore. *Hladnikia*, 35-43.
- Frankland, G.C. et Frankland, P.F. (1887). Studies on some new microorganism obtained from air. *Philos. Trans. Roy. Soc.* 178. 257-287.
- Franz C., Novak J. (2010). Sources of essential oils in Handbook of essential oils science, technology and applications, pages 39-73, Başer K.H.C. et Buchbauer G., CRC Press. États Unis.

- Fuhrman, B., Lavy A., & Aviram M. (1995). Consumption of red wine with meals reduces the susceptibility of human plasma and low-density lipoprotein to lipid peroxidation. *Am. J. Clin. Nutr.* 61:549-554.
- García-Tejero, F. D. 1976. "Plagas y Enfermedades de las Plantas Cultivadas." Dossat S.A., Madrid, Spain
- Gardès-Albert M, Dominique Bonnefont-Rousselot, Zohreh Abedinzadeh Z & Daniel Jore D. (2003). Espèces réactives de l'oxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? *L'actualité chimique*. pp: 91-96.
- Gómez de Aizpurua, C. 1986. Biología y Morfología de las Orugas, Lepidoptera, Vol. 2, Cossidae-Sphingidae-Thaumetopoeidae-Lymantrijidae-Arctiidae. *Bol. San. Veg. Fuerade serie 6*, 1-239
- Hashem M.Y., Ahmed S.S., El Mohandes M.A., Gharib M.A. (2012). Susceptibility of different life stages of saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) to modified atmospheres enriched with carbon dioxide. *Journal of Stored Products Research*. 48: 46-51
- Helgason, E., Tourasse, N.J., Meisal, R., Caugant, D.A. et Kolstø, A.-B., (2004). Multilocus sequence typing scheme for bacteria of the *Bacillus cereus* group. *Appl. Environ. Microbiol.* 70(1).191–201.
- hennekinne, J. (2009). Nouvelles approches pour la caractérisation des toxins infectieuses alimentaires à staphylocoques à coagulase positive, *AgroParisTech*, p.16-19.
- Hopkins W. (2003) *PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE*, 2ème édition, de Boeck, Paris, p 268
- Jacobsen, A., Hendriksen, R. S., Aaresturp, F. M., Ussery, D. W., & Friis, C. (2011). The *Salmonella enterica* pan-genome. *Microbial ecology*, 62, 487-504.
- Johnson, I. (1999). Antioxydants et anticancéreux. *Biofutur*. 1999 (186).14-17.
- Justine, O. et Carole, P. (1981). Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat Vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse), 2005. p13-14.
- Koffi N.G., Beugré K., Guédé N.Z., Dossahoua T., Laurent A.A. (2009). Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisés en pays Krobou (Agboville, Côté d'Ivoire), *Sciences and Nature*, 1: 1-15.

- Lamarti A., Badoc A., Deffieux G., Carde J.P. (1994). Biogénèse des Monoterpènes : la Chaîne Isoprenique. *Bull Soc Pharm Bordeaux*, 133: 79-99.
- Lichtenstein E.P. (1966). Insecticides occurring naturally in crops *Advances. Chemistry Ser.* 53: 34-38
- Lubrano, V., & Balzan, S. (2015). Enzymatic antioxidant system in vascular inflammation and coronary artery disease. *World journal of experimental medicine*, 5(4), 218.
- Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *PPUR presses polytechniques*, 13.
- MAIŠ, C. C. U. C. A. (2017). L'étude phytothérapie des plantes médicinales dans la région Relizane
- Mauro, N. M. (2006). Synthèse D'alcaloïdes Biologiques Actifs: La (+)- Anatoxine Et La (-)- Camptothécine. Thèse De Doctora: Chimi, Université Joseph Fourier Grenoble I.
- Meissner O. 2004. Editorial: The traditional healer as part of the primary health care team? *South African Medical Journal*, 94:901-902.
- Merouane, A., Noui, A., Ali, K. N. B., & Saadi, A. (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *International journal of biological and chemical sciences*, 8(4), 1865-1870.
- Mika, A., Minibayeva, F., Beckett, R., & Lüthje, S. (2004). Possible functions of extracellular peroxidases in stress-induced generation and detoxification of active oxygen species. *Phytochemistry Reviews*, 3, 173-193.
- Mukherjee PK, Wahil A. (2006). Integrated approaches towards drug development from Ayurveda and other Indian système of medicine. *J Ethnopharmacol.*, 103: 25-35.
- Newfel, K., & metrouh, a. (2021). Etude de l'effet analgésique d'une plante médicinale du genre *Thymus* chez un modèle biologique. Tébessa, Tébessa, Algérie.
- Nicklin J., Graeme-cook Paget T., Killington R. (2000). *L'essentiel en microbiologie*, Ed Berti. Nicole M. (1996). *Aperçu de l'Aromathérapie*. Info Essence. 2: 4-5.

- Nicoli, M.C., Anese, M. et Parpinel, M.,(1999).Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables, *J. Trends Food Sci. Technol.*10.94-100.
- Ofor I. B., Obeagu E. I., Ochei K.C., and Odo M. (2016). Evaluation of Superoxide Dismutase, Glutathione, Vitamins C, E and Trace Element status in Prostate Cancer Patients in Orlu Teaching Hospital, Imo State. *Int J Curr Res Chem Pharm Sci.*, 3(2).
- Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.28>
- Patrick B., Jean L. & Michel S. (1988). *Bactériologie : Les bactéries des infections humaines*. 1er Ed. Médecine –Sciences Flammarion. Paris. p: 100-108.
- Pengelly A. (2004). *The constituents of medicinal plants anintroduction to the chemistry and therapeutic of herbal medicines*, Ed. Allen et Unwin, Australie, 172 p.
- Quezel P, Santa S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales*. Paris: Tome II, Editions CNRS..
- Sarni-Manchado P., Cheynier V. (2006). *Les polyphénols en agroalimentaire*. Edition Lavoisier. p 2-10.
- Sell C. (2010). *Chemistry of essential oils*, pages 121-150 in *Handbook of essential oils science, technology and applications*, Başer K.H.C. et Buchbauer G., CRC Press. États Unis.
- Silinsin, M., & Bursal, E. (2018). UHPLC-MS/MS phenolic profiling and in vitro antioxidant activities of *Inula graveolens* (L.) Desf. *Natural product research*, 32(12), 1467-1471.
- Silvestri, F. 1905. *L'ocnogina betica* (*Ocnogyna baetica* Ramb.). *Boll. N. 10, Serie II. R. Scuola Sup. Agric. in Portici*, 1-12
- Souri E, Amin G, Dehmobed-Sharifabadi A, Nazifi A, Farsam H (2004) Antioxidative activity of sixty plants from Iran. *Iranian J of Pharmaceutical Res* 3: 55-59.
- Steven. P., Rachel. C., Martha. E., Paul. H., Jane. S. et Peter W.J. (2004). *Microbiology of Waterborne Diseases*. Ed. Elsevier Academic Press. p:71-132.

- Tihboussine, K. (2020). Interactions Plantes Médicinales-Médicaments :Enquête Au Niveau Du Service De Médecine Interne A A L'hôpital Militaire D'instruction Mohammed V. Docteur En Pharmacie, Université Mohammed V De Rabat.
- Torche S et Bensegueni L. (2019). Les antibiotiques. Institut des sciences vétérinaires. Université des frères mentouri constantine
- Vansant, G. (2004). Radicaux libres et antioxydants: principes de base. In Symposium «Antioxydants et alimentation». Institut Danone.
- Vargas-Osuna, E., Aldebis, H. K., Caballero, P., Lipa, J. J., & Santiago-Alvarez, C. (1994). A newly described baculovirus (subgroup B) from *Ocnogyna baetica* (Rambur)(Lepidoptera: Arctiidae) in Southern Spain. *Journal of invertebrate pathology*, 63(1), 31-36.
- Wang J.,Mazza G. (2002).Effect of Anthcyanins and otherphenolic compounds on the production of Tumor Necrosis Factors  $\alpha$  in LPS/IFN- $\gamma$ -Activated RAW.264.7. Macrophages. *J.Agric.Food.Chem*, 50 : 4183-4189.
- Wichtl M., Anton R. Plantes thérapeutiques – Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique, 2ème édition, Ed. TEC & DOC, 2003.
- Zahar, JR, Timsit, JF, Garrouste-Orgeas, M. et al (2011).Outcomes in severe sepsis and patients with septic shock: pathogen species and infection sites are not associated with mortality. *Crit Care Med*. 39.1886–95. 20.
- Zerargui F. (2015). Activité antioxydant des extraits de racines *Tamus communis* L. et caractérisation des substances bioactives. Université Ferhat Abbas Sétif 1.

**الملخص:** تنتمي نبتة *Inula graveolens* الى عائلة النجميات Asteraceae وهي نبتة طبية واسعة الاستعمال في الطب التقليدي قد قدر مردود الاجزاء الهوائية الخاضعة للاستخلاص الميثانولي عن طريق النقع بـ 9.89% في حين اعطى الاستخلاص المائي عن طريق الغليان مردودا قدر بـ 9.20%. حددت كمية متعدد الفينولات و الفلافونويدات باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu و ثلاثي كلوريد الالمنيوم على التوالي. كانت نتائج المستخلص الميثانولي والمائي 223.31\_ 291.74 ميكروغرام مكافئ حمض الجاليك / مغ و 17.42-55.13 مكافئ الكرسيتين/مغ على التوالي.

تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة اختبار DPPH حيث كانت قيم التراكيز المثبطة لـ 50 (IC50) % من الجذر الحر 39.02 و 18.06 ميكروغرام / مل بالنسبة للمستخلص الميثانولي والمائي على التوالي، أبدى اختبار النشاط المضاد للجراثيم، على 3 سلالات بكتيرية غرام + و غرام - باستعمال طريقة الانتشار عن طريق الأبار، أن المستخلص الميثانولي أثر تأثيرا منبها اهم بكثير من تأثير المستخلص المائي .

بالنسبة لنشاط المبيدات الحشرية تم إجراء على اليرقات من *Ocnogyna baetica* عن طريق التلامس والاستنشاق والتنافر، مع التطبيق المباشر لثلاث تراكيز (25, 50 و 100) غرام/لتر. يوفر كلا المستخلصين تأثيرا طارداً، وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من نبات *Inula graveolens* إمكاناتهما كمبيد حشري ضد اليرقات.

**الكلمات المفتاحية:** *Inula graveolens* ، الفينولات، النشاط المضاد للأكسدة، مضاد للبكتيريا، مبيد حشري.

**Résumé :** La plante *Inula graveolens* appartient à la famille des Asteraceae. C'est une plante médicinale largement utilisée en médecine traditionnelle. Le rendement des parties aériennes soumises à l'extraction méthanolique par macération a été estimé à 9,89 %, tandis que l'extraction aqueuse par décoction a donné un rendement de 9,20 %. La teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes a été déterminée en utilisant respectivement la méthode de Folin-Ciocalteu et le chlorure d'aluminium. Les résultats des extraits méthanolique et aqueux étaient de 223,31 – 291,74 µg équivalent acide gallique/mg et de 55,13-17,42 µg équivalent quercétine/mg, respectivement.

L'activité antioxydante a été évaluée par le test DPPH. Les valeurs des concentrations inhibitrices à 50 % (IC50) du radical libre étaient de 39,02 µg/ml et 18,06 µg/ml pour les extraits méthanolique et aqueux respectivement. Le test de l'activité antibactérienne sur trois souches bactériennes Gram+ et Gram- utilisant la méthode de diffusion en puits a montré que l'extrait méthanolique avait un effet inhibiteur nettement supérieur à celui de l'extrait aqueux.

Concernant l'activité insecticide, des tests ont été réalisés sur les larves de *Ocnogyna baetica* par contact, inhalation et répulsion, avec application directe des Trois concentrations : (25, 50 et 100) g/l. Les deux extraits donnent un effet répulsif et les résultats obtenus d'*Inula graveolens* ont démontré leur potentiel en tant qu'insecticide contre les larves.

**Mots-clés :** *Inula graveolens*, polyphenols, activité antioxydante, antibactérienne, insecticide.

**Abstract:** *Inula graveolens* belong to the Asteraceae family. It is a medicinal plant widely used in traditional medicine. The yield of the aerial parts subjected to methanolic extraction by maceration was estimated at 9.89%, while aqueous extraction by decoction gave a yield of 9.20%. The total polyphenol and flavonoid contents were determined using the Folin-Ciocalteu method and aluminum chloride assay, respectively. The results for the methanolic and aqueous extracts were 223.31 – 291.74 µg gallic acid equivalent/mg and 55.13 – 17.42 µg quercetin equivalent/mg, respectively.

The antioxidant activity was evaluated using the DPPH assay. The IC50 values for free radical inhibition were 39.02 µg/ml and 18.06 µg/ml for the methanolic and aqueous extracts, respectively. The antibacterial activity test, carried out on three Gram-positive and Gram-negative bacterial strains using the well diffusion method, showed that the methanolic extract had a significantly stronger inhibitory effect compared to the aqueous extract.

Regarding the insecticidal activity, tests were carried out on the larvae of *Ocnogyna baetica* by contact, inhalation and repulsion, with direct application of the three concentrations: (25, 50 and 100) g/l. Both extracts give a repellent effect, and the results obtained from *Inula graveolens* demonstrated their potential as an insecticide against the larvae.

**Keywords:** *Inula graveolens*, polyphenols, antioxidant activity, antibacterial, insecticide.