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

**FACULTE DES SCIENCES**
**DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE**
**N°: .....**

**DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**
**FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES**
**OPTION : MICROBIOLOGIE APPLIQUEE**

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

Par

NOUIKAS Wefa
TALEB Nessaiba
LALI Maroua

## Intitulé

# Activités antioxydante et antimicrobienne d'un extrait éthanolique d'*Eruca vesicaria* (L.) Car.

Soutenu devant le jury composé de

| | | |
|---|---|---|
| **Dr. BENSEMANE Latifa** | UMB M'sila | **Président** |
| **Prof. HENDEL Noui** | UMB M'sila | **Rapporteur** |
| **Dr. SASSOUI Ammar** | UMB M'sila | **Examinateur** |

***Année universitaire : 2025 /2026***

# Remerciements

On remercie ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Professeur **HENDEL Noui**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, ses conseils d'or, son écoute active, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire, nous n'aurions pas tant réussi si nous n'avions pas reçu ses conseils, ainsi que sa force de persuasion.

Nos remerciements s'adressent aux membres du jury ; Présidente Dr. **BENSEMANE Latifa**, et Examinateur Dr. **SASSOUI Ammar** ; nous vous remercions de votre enseignement et de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de juger ce travail, nous sommes très reconnaissantes de bien vouloir porter intérêt à ce travail.

Nos remerciements s'adressent à l'ensemble du corps enseignant, depuis l'école primaire aux études supérieures pour toutes les connaissances qu'ils nous ont transmises.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# *Dédicace*

Je dédie ce travail à mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant toutes mes études.

Mon très cher père **NOUIKAS TAYEB**, tu as toujours été pour moi la lumière qui éclairait mon chemin, ce que je suis aujourd'hui n'est que le fruit de ta bonne éducation, tes conseils, ta compréhension, tes sacrifices, tu m'as appris la confiance en soi et le sens de responsabilité.

Ma chère mère, je n'oublierai jamais tes prières pour moi, tes conseils et tes encouragements, ta tendresse, tu as toujours été présente à mes côtés. Que Dieu leur accorde santé, bonheur, prospérité et une heureuse et longue vie.

À ma sœur **Hanadi**, notre future docteur en médecine, aucune dédicace ne peut exprimer mon amour et ma gratitude de t'avoir comme sœur, tu comptes énormément pour moi, tu es la sœur qui assure son rôle comme il se doit, je n'oublierai jamais ton encouragement, ton soutien et tes prières. Que Dieu te garde pour nous et exauce vos souhaits, notre DOCTEUR.

À mon cher mari **Lamari Saber**, je te remercie pour l'aide que tu m'as apportée. Tu m'as soutenue, réconfortée et encouragée. Tu as partagé avec moi les meilleurs moments comme les plus difficiles, tu étais toujours à mes côtés. Je te remercie de ne m'avoir jamais déçue. Aucun mot ne pourrait exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect. Que Dieu te garde pour moi, mon cher.

À mon cher fils **Hacène El Kacim**, mon petit ange, tu es la plus belle bénédiction que Dieu m'ait offerte. Ta présence illumine ma vie et me donne la force de continuer malgré les difficultés. Ton sourire est ma plus grande source de bonheur et de motivation. Que Dieu te protège, te garde en bonne santé et t'accorde un avenir rempli de réussite et de joie.

Mes chers frères **Souhaib**, **Oussama**, **Ayoub** et **Adam**, les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime, que Dieu vous accorde santé, succès et longue vie heureuse.

À ma belle-famille, surtout mon beau-père **Lamari Omar** et ma belle-mère, merci pour votre soutien et votre compréhension, vous représentez beaucoup pour moi.Abd El basset, Walid et Ahlem et ses enfants,Miada,  un grand merci pour tout.

À ma grande famille, mes amies, mes collègues dans ce travail , à tous ceux qui ont pris place dans mon cœur et à tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin. À mes enseignants et professeurs.

*Nouikas Wafa*

# *Dédicace*

**بسم الله الرحمن الرحيم**

**(وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)**

À l'âme qui n'a jamais connu l'abandon, et à une volonté qui a choisi de graver son nom sur le front du succès

À ceux grâce à qui j'ai atteint ce rang et dont la satisfaction a illuminé mon chemin.

**À mon cher père, Abdelaziz**

Toi qui as été mon soutien dans les moments difficiles et celui qui m'a appris que la grandeur se construit avec patience, foi et persévérance. Je t'offre ce fruit de mon travail, reflet de tes sacrifices et de ton éducation.

**À ma chère mère, Farida**

Source d'amour, de tendresse et de prières sincères. Sans ton soutien et ta présence à chaque étape, je n'aurais jamais trouvé la force d'avancer. Aucun mot ne saurait exprimer ma reconnaissance.

**À mon oncle Abdelwahab et ma tante Fatima**

Vous qui avez été pour moi une seconde famille durant mes années d'études loin des miens. Merci pour votre accueil chaleureux, votre générosité et votre soutien précieux pendant toutes ces années.

**À mon frère Mohammed**

Mon soutien indéfectible, mon bras fort et mon compagnon depuis l'enfance.

**À mes sœurs Khadija, Hajar et Mariam**

Les lumières de la maison et la sérénité du cœur, merci pour votre affection et votre présence constante.

**À ma grande famille**

À tous ceux qui m'ont soutenue par une prière sincère, un mot bienveillant ou un geste noble.

**À mes chères amies**

Vous qui avez été les plus belles compagnes de mon chemin, merci pour votre loyauté, votre soutien et tous les moments qui ont allégé la fatigue et illuminé mes années d'études.

À mes honorables enseignants

Ceux qui ont éclairé notre chemin vers le savoir et semé en nous l'amour de la connaissance et du travail.

**Aux martyrs de notre patrie**

En hommage à ceux qui ont écrit de leur sang les lettres de notre liberté.

Enfin, à tous ceux qui ont cru en moi et m'ont encouragée à réussir, je dédie ce travail avec toute ma gratitude, ma fidélité et mon profond respect.

*Taleb Nessaiba*

# *Dédicace*

À ceux dont les prières ont été le secret de ma force,

et la lumière qui a éclairé chacun de mes pas…

**À mes très chers parents,**

les deux plus beaux cœurs que la vie m'ait offerts,

vous êtes la plus belle histoire de mon existence et le soutien qui ne faillit jamais.

Quels que soient les mots que j'écrive, ils ne pourront jamais vous rendre justice.

Cette réussite est le fruit de vos sacrifices, de votre patience et de votre amour qui m'a fait grandir chaque jour.

Que Dieu vous préserve pour moi comme une bénédiction éternelle.

**À mes chers frères et sœurs,**

compagnons de mon âme et de mes plus beaux jours,

vous avez toujours été une source de chaleur, de joie et de force.

Merci pour votre présence qui allégeait la fatigue du chemin ;

avec vous, la vie devient plus belle et les détails prennent tout leur sens.

**À mon cher mari,**

compagnon de route et soutien dans les moments les plus difficiles,

merci d'avoir été ma sécurité lorsque j'étais fatiguée,

ma force lorsque je faiblissais,

et la main qui ne m'a jamais abandonnée.

Ta présence à mes côtés a été l'une des plus belles raisons de cette réussite ;

je t'exprime toute ma gratitude et mon affection.

**À vous tous…**

Je dédie cette réussite,car vous êtes derrière chaque rêve accompli et chaque pas qui m'a menée jusqu'ici.

*Lali Maroua*

**ملخص**

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الكيميائية النباتية والبيولوجية للمستخلص الايتانولي نبات *Eruca vesicaria* المنتمي إلى الفصيلة الصليبية، والمعروف بغناه بالمركبات الحيوية الفعالة. تندرج هذه الدراسة ضمن إطار البحث عن مواد طبيعية تمتلك خصائص مضادة للأكسدة ومضادة للميكروبات يمكن استغلالها في المجالات الصيدلانية والغذائية .في البداية، تم تقييم التركيب الكيميائي النباتي للمستخلص من خلال تقدير محتوى البوليفينولات والفلافونويدات. كما تم دراسة النشاط المضاد للأكسدة باستعمال عدة طرق تحليلية لتحديد قدرة المستخلصات على معادلة الجذور الحرة. إضافة إلى ذلك، تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات تجاه عدة سلالات بكتيرية وفطرية من خلال تحديد مناطق التثبيط والتركيزات الدنيا المثبطة والقاتلة/الفطرية .أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نبات *Eruca vesicaria* غني بالمركبات البوليفينولية والفلافونويدية (~279.24 مغ مكافئ لحمض الغاليك/ غ و~ 50.57 مغ مكافئ للكرستين/ غ) ، وهو ما قد يفسر الأنشطة البيولوجية المسجلة. كما بين المستخلص المدروس نشاطًا مضادًا للأكسدة ($IC_{50}$~364.23 مكغ/مل) وتأثيرًا تثبيطيًا متفاوتًا ضد الكائنات الحية الدقيقة المختبرة ( الـ MIC للبكتيريا بين 4 و 18 مع/مل) . وتبرز هذه النتائج أهمية هذا النبات كمصدر طبيعي للمركبات الحيوية ذات الاهتمام العلاجي والغذائي.

**الكلمات المفتاحية:** *Eruca vesicaria*، البوليفينولات، الفلافونويدات، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات.

.

**Abstract**

The aim of this work was to investigate the phytochemical and biological properties of *Eruca vesicaria* ethanolic extract, a plant belonging to the Brassicaceae family and known for its richness in bioactive compounds. This study was conducted in the context of the search for natural substances with antioxidant and antimicrobial properties that may be used in pharmaceutical and agro-food fields. First, the phytochemical composition of the extract was evaluated through the determination of total polyphenol and flavonoid contents. Then, the antioxidant activity was assessed using different analytical methods to determine the ability of the extract to neutralize free radicals. The antimicrobial activity of the extract was also evaluated against several bacterial and fungal strains through the determination of inhibition zones as well as minimum inhibitory and bactericidal concentrations. The obtained results revealed that *Eruca vesicaria* is rich in phenolic and flavonoid compounds (~ 279,24 mg AGE/g, and ~50,57 mg QE/g), which may explain the observed biological activities. The studied extract showed appreciable antioxidant activity ($IC_{50}$ ~ 364.23 µg/mL) and variable inhibitory effects against the tested microorganisms (bacterial MIC from 4 to 18 mg/ml). These findings highlight the potential of this plant as a natural source of bioactive compounds with therapeutic and agro-food interest.

**Key words –** *Eruca vesicaria*, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, antibacterial activity, antifungal activity.

.

**Résumé**

L'objectif de ce travail est l'étude phytochimique et biologique de l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria*, une plante appartenant à la famille des Brassicaceae et reconnue pour sa richesse en composés bioactifs. Cette étude s'inscrit dans le contexte de la recherche de substances naturelles possédant des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes susceptibles d'être utilisées dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire. Dans un premier temps, une évaluation de la composition phytochimique de l'extrait a été réalisée à travers le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes. Par la suite, l'activité antioxydante a été étudiée par différentes méthodes analytiques afin de déterminer la capacité de l'extrait à neutraliser les radicaux libres. L'étude a également porté sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait vis-à-vis de plusieurs souches bactériennes et fongiques à travers la détermination des zones d'inhibition ainsi que des concentrations minimales inhibitrices et bactéricides. Les résultats obtenus ont révélé que *Eruca vesicaria* présente une richesse importante en composés phénoliques et flavonoïdiques (~ 279,24 mg EAG/g, et ~50,57 mg EQ/g), ce qui pourrait expliquer les activités biologiques observées. L'extrait étudié a montré une activité antioxydante appréciable ($IC_{50}$ ~ 364.23 µg/mL) ainsi qu'un effet inhibiteur variable contre les microorganismes testés (CMI bactérienne de 4 à 18 mg/ml). Ces résultats confirment le potentiel de cette espèce végétale comme source naturelle de composés bioactifs d'intérêt thérapeutique et agroalimentaire.

**Mots clés** – *Eruca vesicaria*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité antifongique

.

# Sommaire

Remerciements
*Dédicace*
ملخص
Abstract
Résumé
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux

INTRODUCTION

Introduction ..... 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur les métabolites secondaires ..... 2
1.1. Classification des métabolites secondaires ..... 2
1.2. Caractéristiques et intérêts biologiques ..... 2
1.3. Les composés phénoliques ..... 2
1.4. Intérêts pharmacologiques des métabolites secondaires ..... 4
1.5. Activités biologiques ..... 4
1.5.1. Généralités sur les activités biologiques ..... 4
1.5.2. Activité antioxydante ..... 4
1.5.2.1. Le stress oxydatif ..... 5
1.5.2.2. Méthodes d'évaluation ..... 5
1.5.3. Activité antimicrobienne ..... 5
1.5.3.1. Mode d'action ..... 5
1.5.3.2. Méthodes d'évaluation ..... 6
1.5.4. Autres activités biologiques ..... 6
1.6. Présentation de l'espèce *Eruca vesicaria* (L.) Car ..... 6
1.6.1. Systématique et taxonomie ..... 6
1.6.2. Ecologie et répartition géographique ..... 7
1.6.3. Caractères morphologiques ..... 7
1.6.4. Usage ethnobotanique ..... 8
1.7. Microorganismes étudiés ..... 9
1.7.1. Bactéries ..... 9
1.7.1.1. *Escherichia coli* ..... 9
1.7.1.2. *Pseudomonas aeruginosa* ..... 9
1.7.1.3. *Staphylococcus aureus* ..... 9
1.7.1.4. *Bacillus cereus* ..... 9
1.7.2. Moisissures ..... 9
1.7.2.1. *Aspergillus* ..... 9
1.7.2.2. *Fusarium* ..... 10
1.7.2.3. *Penicillium* ..... 10
1.7.2.4. *Trichoderma* ..... 10

PARTIE PRATIQUE
CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

2. Matériel et Méthodes ..... 11
2.1. Matériel végétal ..... 11
2.2. Extraction par macération dans de l'éthanol ..... 12
2.2.1. Calcul du rendement ..... 12

2.3. Dosage des composés phénoliques ..... 12
2.3.1. Dosage des polyphénols ..... 12
2.3.2. Dosage des flavonoïdes ..... 13
2.4. Evaluation de l'activité antioxydante ..... 13
2.4.1. Test de DPPH ..... 13
2.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne de la plante ..... 14
2.5.1. Microorganismes ..... 14
2.5.2. Préparation des solutions de l'extrait EE ..... 15
2.5.3. Préparation de l'inoculum ..... 15
2.6. Activité antibactérienne ..... 15
2.6.1. Méthode des puits de diffusion ..... 15
2.6.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) ..... 16
2.7. Activité antifongique ..... 16
2.8. Analyse statistique ..... 17

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3. Résultats et discussion ..... 18
3.1. Rendement en extraits de *Eruca vesicaria* ..... 18
3.2. Dosage des des composés phénoliques ..... 18
3.2.1. Dosage des polyphénols totaux ..... 18
3.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux ..... 19
3.3. Evaluation de l'activité antioxydante ..... 20
3.3.1. Test de DPPH ..... 20
3.4. Activité antimicrobienne ..... 22
3.4.1. Activité antibactérienne ..... 22
3.4.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice et bactéricide ..... 23
3.5. Activité antifongique ..... 24
3.5.1. Effet de l'EE sur la croissance mycélienne des moisissures ..... 24
Conclusion ..... 28
REFERENCES : BIBLIOGRAPHIQUES
Références Bibliographiques
ANNEXES

## Liste des abréviations

**ATCC** : American Type Culture Collection.
**BF** : Butanol Fraction.
**BHT** : Butylhydroxytoluène.
**CMB** : Concentration Minimale Bactéricide.
**CMF** : Concentration Minimale Fongicide.
**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice.
**DMSO** : Diméthylsulfoxyde.
**DPPH** : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle.
**EE** : Extrait éthanolique.
**ERO** : Espèces Réactives de l'Oxygène.
**ETEC** : *Escherichia coli* entérotoxigénique.
**GAE** : Gallic Acid Equivalent (équivalent acide gallique)
**I%** : pourcentage d'inhibition.
**$IC_{50}$** : concentration de l'échantillon provoquant 50% d'inhibition.
**MHA** : Mueller-Hinton Agar.
**PDA** : Potato Dextrose Agar.
**QE** : Quercetin Equivalent (équivalent quercétine).
**TFT** : teneur en flavonoïdes totaux.
**TPT** : teneur en polyphénols totaux.
**UPEC** : *Escherichia coli* uropathogène.

# Liste des figures

**Figure 1.** Structure des flavonoïdes 3
**Figure 2.** Structure des acides hydroxycinnamiques et hydroxybenzoiques 3
**Figure 3.** Distribution géographique de Eruca vesicaria. 7
**Figure 4.** *Eruca vesicaria*. 8
**Figure 5.** Eruca vesicaria. A) Plante entière B) Tête florale 11
**Figure 6.** Procédure d'extraction (a: macération, b: filtration, c: évaporation). 12
**Figure 7.** Courbe étalon de l'acide gallique. 19
**Figure 8.** Courbe étalon de la quercétine. 20
**Figure 9.** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration du BHT 21
**Figure 10.** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration l'EE de *Eruca vesicaria*. 21
**Figure 11.** Effet inhibiteur de l'antibiotique céfoxitine et de l'EE sur les bactéries: *E. coli* (**a,e)** ; *B. cereus* (**b**,**f**) ; *S. aureus* (**c**,**g**) ; *P. aeruginosa* (**d,h**). 22
**Figure 12.** Effet de l'extrait EE de *Eruca vesicaria* sur la croissance mycélienne des moisissures durant 7 jours d'incubation à 25 °C. a) *Fusarium oxysporum* ; b) *Aspergillus flavus* ; c) *Aspergillus niger* ; d) *Tichoderma* sp. ; e) *Pencillium* sp. (Témoin : sans extrait ; Test : avec extrait). 25
**Figure 13.** Aspects macroscopiques des colonies fongiques témoins et traitées par l'EE de *Eruca vesicaria* après 7 jours d'incubation (**T** : Témoin, **E** : Extrait). 26
**Figure 14.** Taux d'inhibition exercé par l'extrait EE de *Eruca vesicaria* sur la croissance mycélienne des moisissures au 7ième jours d'incubation à 25 °C. 27

# Liste des tableaux

***Tableau 1.*** Concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) de l'extrait EE de Eruca vesicaria sur les souches microbiennes testées. _____ *23*

# INTRODUCTION

## Introduction

La santé humaine et la sécurité alimentaire représentent aujourd'hui des préoccupations majeures à l'échelle mondiale. Le stress oxydatif ainsi que la prolifération des microorganismes pathogènes et résistants aux antibiotiques constituent une menace importante pour la santé publique et la qualité des produits alimentaires (Bouyahia *et al*., 2017) En effet, l'excès de radicaux libres dans l'organisme peut provoquer des dommages cellulaires impliqués dans le développement de plusieurs pathologies telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, les troubles neurodégénératifs et certains cancers (Favier, 2006). Par ailleurs, la contamination microbienne des aliments demeure l'une des principales causes des intoxications alimentaires et des infections chez l'être humain (Panisset *et al*., 2003).

Face à ces problèmes, l'intérêt porté aux plantes médicinales connaît un développement important en raison de leur richesse en molécules bioactives utilisées dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire. Les propriétés biologiques des plantes sont principalement attribuées à la présence de métabolites secondaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins et les terpènes (Macheix *et al*., 2005). De nombreuses études ont montré que les polyphénols et les flavonoïdes possèdent des propriétés antioxydantes importantes (Scalbert *et al.*, 2005), ainsi qu'une activité antimicrobienne contre différents microorganismes pathogènes, ce qui leur confère un intérêt particulier dans la recherche de nouvelles alternatives naturelles aux antibiotiques et aux conservateurs chimiques.

Dans le domaine agroalimentaire, les extraits végétaux suscitent également un intérêt croissant en raison de leur potentiel dans la conservation des aliments et l'amélioration de leur sécurité microbiologique. Ainsi, les substances naturelles issues des plantes apparaissent comme des alternatives prometteuses capables de limiter la prolifération des microorganismes et de prolonger la durée de conservation des aliments.

Parmi les plantes médicinales faisant l'objet d'un intérêt scientifique croissant figure *Eruca vesicaria*, une espèce appartenant à la famille des Brassicaceae. Cette plante est reconnue pour sa richesse en composés phénoliques et flavonoïdiques ainsi que pour ses diverses propriétés biologiques, notamment les activités antioxydante, antibactérienne et antifongique.

Dans ce contexte, le présent travail a été consacré à l'étude phytochimique et biologique d'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria*. Cette étude vise à évaluer la teneur en polyphénols et en flavonoïdes ainsi que les activités antioxydante, antibactérienne et antifongique de cette plante à travers différentes méthodes analytiques et biologiques.

# CHAPITRE I :

# PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1. Généralités sur les métabolites secondaires

### 1.1. Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont divisés principalement en trois grandes familles, les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes (Bendif, 2017)

### 1.2. Caractéristiques et intérêts biologiques

Les métabolites secondaires se caractérisent par une grande diversité structurale et peuvent présenter une distribution limitée à certaines espèces végétales, familles ou genres (Crozier *et al.*, 2006). Cette spécificité confère un intérêt particulier en chimiotaxonomie et leur permet d'être utilisés comme marqueurs diagnostiques (Bhatla and Lal, 2023). Bien qu'ils ne soient pas essentiels aux fonctions vitales immédiates de la plante, ils jouent des rôles écologiques majeurs, intervenant dans la défense contre les herbivores et les agents pathogènes, la protection contre les rayonnements ultraviolets, ainsi que dans des phénomènes d'allélopathie et de signalisation (Crozier *et al*., 2006).

### 1.3. Les composés phénoliques

Les polyphénols sont des métabolites secondaires largement présents chez les plantes vasculaires. Ils forment une grande famille de composés naturels à la forte diversité structurale, allant de formes simples à des structures complexes. Ils possèdent un ou plusieurs noyaux benzéniques portant des groupements hydroxyles et dérivent principalement du métabolisme de l'acide shikimique et/ou de la voie des polyacétates (Munin *et al.*, 2011).

Parmi eux, les flavonoïdes représentent la classe la plus abondante et la plus étudiée (Mutha *et al.*, 2021), suivis des acides phénoliques qui constituent la deuxième classe majeure (Amawi *et al.*, 2017).

#### 1.3.1. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques naturels largement présents dans les légumes, les fruits, les céréales et le thé. Ils constituent des métabolites secondaires des plantes et se divisent en plusieurs groupes principaux : flavones, flavonols, flavanones, flavanonols, flavanols (catéchines), anthocyanines, chalcones, isoflavones et néoflavonoïdes, illustrant leur grande diversité chimique et biologique (Panche *et al.*, 2016).

Ils interviennent dans de nombreux processus biologiques et dans la défense des plantes face aux facteurs environnementaux. Chez l'être humain, ils sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires, contribuant ainsi à la réduction du risque

de maladies. Leur activité biologique dépend des substitutions sur le squelette C6-C3-C6 (Shen *et al.*, 2022).

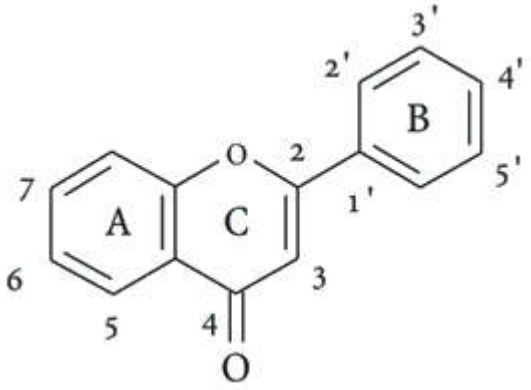



**Figure 1 .** Structure des flavonoïdes (Di Carlo *et al.*, 1999)

### 1.3.2. Acides phénoliques

Les acides phénoliques constituent une importante classe de composés phénoliques d'origine végétale, reconnus pour leurs propriétés antioxydantes. Ils sont présents dans diverses sources alimentaires telles que les graines, la peau des fruits et les légumes à feuilles, ces derniers en étant particulièrement riches. Ils peuvent exister sous forme libre ou liée dans les aliments végétaux, cette dernière étant libérée par hydrolyse acide, alcaline ou enzymatique. Leur teneur est généralement faible dans la plupart des aliments, à l'exception de certains fruits rouges comme les mûres, où elle peut atteindre des concentrations élevées (Abbas *et al.*, 2017).

Sur le plan structural, ils se divisent en deux grands groupes : les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques. Ces deux classes se distinguent par leur squelette carboné, de type C1–C6 pour les dérivés benzoïques et C3–C6 pour les dérivés cinnamiques (Figure 2) (Amawi *et al.*, 2017).

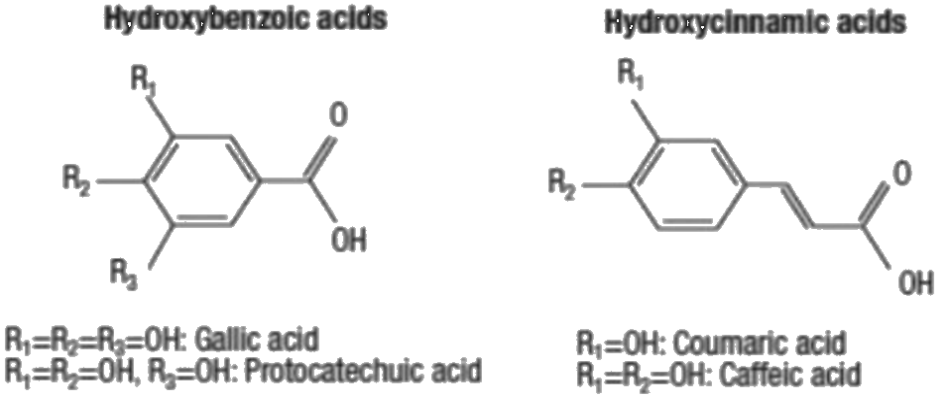



**Figure 2 .** Structure des acides hydroxycinnamiques et hydroxybenzoiques (Abbas *et al.*, 2017).

### 1.4. Intérêts pharmacologiques des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires présentent un intérêt majeur en pharmacologie en raison de leurs nombreuses activités biologiques et de leurs applications variées. Ils sont utilisés dans les domaines médical, alimentaire et industriel comme médicaments, antibiotiques, arômes et parfums (Crozier *et al.*, 2006). Leur diversité structurale permet également leur exploitation dans la production de biocarburants et de biomatériaux (Bhatla and Lal, 2023).

Ces composés constituent une source importante de molécules thérapeutiques aux activités anticancéreuses, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antioxydantes. Leur intérêt médical est reconnu depuis le XIXe siècle avec la découverte de molécules comme l'aspirine. Enfin, leur consommation régulière est associée à un effet préventif potentiel contre certaines maladies chroniques, notamment les cancers, les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 (Crozier *et al.*, 2006).

### 1.5. Activités biologiques

#### 1.5.1. Généralités sur les activités biologiques

Dans le prolongement des connaissances présentées au chapitre précédent sur les métabolites secondaires et leurs activités biologiques, il convient de rappeler que ces composés constituent les principales molécules responsables des effets biologiques observés chez les plantes. Grâce à leur diversité structurale et fonctionnelle, ils confèrent aux végétaux un intérêt pharmacologique majeur, faisant d'eux une source importante de substances bioactives à potentiel thérapeutique. Parmi les principales activités biologiques des composés d'origine végétale, on retrouve notamment les effets antitumoraux, antioxydants et antimicrobiens (Mera *et al.*, 2019).

#### 1.5.2. Activité antioxydante

Les antioxydants correspondent à des composés capables, même à faible concentration par rapport au substrat oxydable, de ralentir ou d'inhiber son oxydation (Bensakhria, 2018). Les métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques et les flavonoïdes, représentent les principaux constituants responsables de la forte activité de piégeage des radicaux libres. Ils sont présents dans différentes parties des plantes, telles que les feuilles, les fruits, les graines, les racines et l'écorce (Chanda and Dave, 2009).

Afin de mieux comprendre l'intérêt de cette activité, il est nécessaire de définir le stress oxydatif, principal processus responsable des dommages oxydatifs.

#### 1.5.2.1. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif correspond à un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes de défense antioxydants de l'organisme, entraînant une incapacité à les neutraliser efficacement et provoquant des altérations cellulaires et tissulaires. Les ERO regroupent des radicaux libres, des peroxydes et des ions oxygénés très réactifs, capables d'induire des réactions d'oxydation en chaîne. Ce phénomène peut être favorisé par une consommation élevée d'oxygène lors d'efforts intenses ou par une diminution des défenses antioxydantes, notamment en cas de déficit enzymatique tel que celui de la G6PD (Bensakhria, 2018).

Le stress oxydatif est impliqué dans le vieillissement et dans plusieurs pathologies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires et le cancer. Sa détection est essentielle pour limiter les dommages oxydatifs affectant l'ADN, les protéines et les lipides (Haleng *et al*., 2007).

#### 1.5.2.2. Méthodes d'évaluation

Parmi les méthodes les plus couramment utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante figurent les tests DPPH, ABTS et FRAP, qui permettent d'estimer la capacité des extraits végétaux ou des composés purs à neutraliser les radicaux libres ou à réduire des espèces oxydantes. D'autres méthodes in vitro ont également été développées pour compléter cette évaluation, notamment les essais basés sur le transfert d'atome d'hydrogène tels que ORAC et TRAP, ainsi que divers tests impliquant le transfert d'électrons et le piégeage de différents radicaux libres, sans oublier le dosage des composés phénoliques totaux. L'ensemble de ces approches est généralement utilisé de manière complémentaire afin d'obtenir une estimation plus fiable et plus complète du potentiel antioxydant des échantillons végétaux, en raison de la complexité des phytocomposés (Chanda & Dave, 2009).

### 1.5.3. Activité antimicrobienne

Les antimicrobiens sont des substances capables d'éliminer les micro-organismes ou d'inhiber leur développement. Ils englobent notamment les antibiotiques ainsi que d'autres agents à activité antibactérienne et antifongique (Ouis, 2015).

#### 1.5.3.1. Mode d'action

Les polyphénols exercent leur activité antibactérienne en inhibant plusieurs fonctions essentielles des micro-organismes, notamment la croissance, la reproduction et la respiration. Ils peuvent également inactiver certaines enzymes par oxydation et interagir avec l'ADN, perturbant ainsi la synthèse protéique. De plus, ils peuvent altérer l'intégrité des membranes cellulaires, entraînant la mort cellulaire. Les monoterpènes agissent également en interagissant avec les

phospholipides membranaires en raison de leur nature lipophile, ce qui provoque une désorganisation de la membrane et la lyse des cellules microbiennes (Mera *et al.*, 2019).

#### 1.5.3.2. Méthodes d'évaluation

L'activité antimicrobienne (contre les bactéries et les champignons) est déterminée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition (ZI), les concentrations minimales inhibitrices (CMI), ainsi que, pour plusieurs cas, les concentrations minimales bactéricides (CMB) (Salem *et al.,* 2013).

### 1.5.4. Autres activités biologiques

En plus des activités biologiques déjà abordées, les plantes médicinales présentent d'autres activités importantes, notamment anti-inflammatoire et antitumorale, qui ont fait l'objet de nombreuses études en raison de leur potentiel pharmacologique.

Concernant l'activité anti-inflammatoire, les composés végétaux agissent de manière similaire aux anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) en modulant les principales voies de l'inflammation. Leur mécanisme repose principalement sur l'inhibition des enzymes pro-inflammatoires (COX, LOX, PLA2 et NOS), la diminution des médiateurs inflammatoires ainsi que la modulation des cellules impliquées dans le processus inflammatoire et l'expression des gènes associés (Pushpangadan *et al.*, 2015).

Dans le domaine de l'oncologie, les produits naturels contribuent à l'identification de nombreux composés antitumoraux agissant par différents mécanismes, notamment l'inhibition de la prolifération cellulaire, l'arrêt du cycle cellulaire, l'induction de l'apoptose et l'interférence avec les voies de signalisation et la réplication de l'ADN (Serra *et al.*, 2022).

Ainsi, les plantes médicinales constituent une source importante de molécules bioactives à fort potentiel thérapeutique.

## 1.6. Présentation de l'espèce *Eruca vesicaria* (L.) Car.

La plante *Eruca vesicaria*, communément appelée roquette, est un légume comestible appartenant à la famille des Brassicaceae. Elle est largement consommée dans le monde et son intérêt nutritionnel ne cesse d'augmenter ces dernières années. Ainsi, *Eruca vesicaria* suscite un intérêt croissant dans les domaines nutritionnel et pharmacologique (Roma *et al.*, 2019).

### 1.6.1. Systématique et taxonomie

La classification taxonomique d'*Eruca* vesicaria a été établie à partir de la base de données Plants of the World Online (POWO – Royal Botanic Gardens, Kew).

| | |
|---|---|
| **Embranchement (Phylum)** | Streptophyta |
| **Classe** | Equisetopsida |
| **Sous-classe** | Magnoliidae |
| **Ordre** | Brassicales |
| **Famille** | Brassicaceae |
| **Genre** | *Eruca* |
| **Espèce** | *Eruca vesicaria,* العسلوج |

### 1.6.2. Ecologie et répartition géographique

L'aire de répartition naturelle de cette espèce s'étend de l'Espagne et du Maroc jusqu'à l'Algérie (Figure 3.) (Bell, 2019).




**Figure 3**. Distribution géographique de *Eruca vesicaria*.(POWO – Royal Botanic Gardens, Kew).

### 1.6.3. Caractères morphologiques

*Eruca vesicaria* (Figure 4.) présente une tige dressée, plus ou moins ramifiée, recouverte de poils simples lui donnant un aspect légèrement pubescent. Sa hauteur peut atteindre environ 80 à 140 cm et son port est généralement hémisphérique. Les feuilles basales sont disposées en rosette et sont profondément lobées à pennatifides, tandis que les feuilles caulinaires sont généralement plus petites et moins découpées. Les fleurs sont regroupées en grappes terminales et possèdent quatre pétales de couleur blanche à crème, parfois jaunâtres, traversés de nervures violettes caractéristiques. Le calice persiste jusqu'à la maturité des fruits. Les fruits sont des siliques allongées, étroites et cylindriques, contenant plusieurs petites graines brunâtres à surface légèrement aplatie (Pignone *et al.*, 2010).



**Figure 4.** *Eruca vesicaria* (POWO – Royal Botanic Gardens, Kew).

### 1.6.4. Usage ethnobotanique

*Eruca vesicaria* est une plante comestible largement utilisée en Europe et dans d'autres régions du monde comme aliment, principalement consommée sous forme de salade en tant que légume frais. Elle est également reconnue dans la médecine traditionnelle comme une plante médicinale, à laquelle sont attribuées des propriétés dépuratives, et elle est appréciée pour sa richesse en vitamine C et en fer, ce qui lui confère un intérêt ethnobotanique important (Egea-Gilabert et al., 2009).

*Eruca vesicaria* est également une plante consommée par l'homme depuis l'Antiquité et largement utilisée comme légume à feuilles dans la région méditerranéenne. Elle est exploitée pour la production d'huile à partir de ses graines, notamment dans le sous-continent indien. Cette espèce possède une importance ethnobotanique notable, étant associée à des connaissances traditionnelles anciennes et mentionnée dans la Bible, le Talmud ainsi que dans les traditions de la civilisation babylonienne. Elle est aussi traditionnellement reconnue pour diverses propriétés médicinales attribuées dans différents usages populaires (Pignone *et al.*, 2010).

## 1.7. Microorganismes étudiés

### 1.7.1. Bactéries

#### 1.7.1.1. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* est une bactérie à Gram négatif en forme de bacille appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elle fait partie de la flore intestinale normale de l'homme et contribue à l'équilibre du microbiote. Certaines souches sont pathogènes, notamment les ETEC responsables des diarrhées et les UPEC impliquées dans les infections urinaires. Dans certains cas, elle peut aussi provoquer des infections graves comme la septicémie ou la méningite (Pakbin *et al.*, 2021).

#### 1.7.1.2. *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie à Gram négatif, aérobie, bacillaire et non sporulée, très répandue dans l'environnement, surtout aquatique. C'est un pathogène opportuniste pouvant infecter les sujets sains et immunodéprimés. Elle est responsable d'infections communautaires et nosocomiales (respiratoires, urinaires, cutanées). Elle se distingue par sa résistance élevée aux antibiotiques et sa capacité à former des biofilms (Wilson *et al.*, 2023).

#### 1.7.1.3. *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* est une bactérie à Gram positif, commensale de la peau et des muqueuses humaines, notamment nasales, pouvant devenir pathogène. Elle est responsable d'infections communautaires et nosocomiales allant des infections cutanées bénignes (furoncles, impétigo) à des formes graves comme la septicémie, l'endocardite ou l'ostéomyélite. Sa virulence est liée à ses nombreux facteurs de pathogénicité ainsi qu'à l'émergence de souches résistantes aux antibiotiques (Vincenot *et al.*, 2008).

#### 1.7.1.4. *Bacillus cereus*

*Bacillus cereus* est une bactérie à Gram positif, sporulée, mobile, aérobie ou anaérobie facultative, largement répandue dans l'environnement (sol, eau, aliments) et capable de survivre longtemps grâce à ses spores résistantes. Elle est surtout impliquée dans les intoxications alimentaires, mais peut aussi provoquer des infections opportunistes plus graves chez les sujets fragiles, telles que des septicémies, infections respiratoires, oculaires ou des plaies. Sa pathogénicité est liée à la production de toxines et d'enzymes, et elle présente une résistance naturelle à certaines β-lactamines (Bottone, 2010).

### 1.7.2. Moisissures

#### 1.7.2.1. *Aspergillus*

*Aspergillus* est un genre de champignons filamenteux largement répandu, comprenant de nombreuses espèces ayant un rôle important dans la dégradation de la matière organique et des applications industrielles. Certaines espèces comme *Aspergillus oryzae* et *Aspergillus niger* sont considérées comme sûres (GRAS), tandis qu'Aspergillus fumigatus est un pathogène humain responsable d'infections et d'allergies (Ward *et al.*, 2005).

#### 1.7.2.2. *Fusarium*

*Fusarium* est un genre de champignons filamenteux des Ascomycota, largement répandu dans l'environnement (sol, eau) et comprenant plus de 300 espèces. Certaines, comme *Fusarium solani* et *Fusarium oxysporum*, sont des phytopathogènes importants des cultures et peuvent produire des mycotoxines contaminant les aliments. Chez l'homme, elles causent généralement des infections superficielles, mais peuvent être graves et disséminées chez les sujets immunodéprimés (Cighir *et al.*, 2023).

#### 1.7.2.3. *Penicillium*

*Penicillium* est un genre de champignons largement répandus dans l'environnement. Certaines espèces peuvent altérer les aliments et produire des toxines, posant des risques sanitaires et agricoles. En revanche, d'autres ont des effets bénéfiques en favorisant la croissance des plantes, en inhibant des agents pathogènes grâce à des composés antibiotiques et en participant à la décomposition de la matière organique et au recyclage des nutriments (Srinivasan *et al.*, 2020).

#### 1.7.2.4. *Trichoderma*

*Trichoderma* est un champignon cosmopolite présent dans les sols et la matière organique en décomposition, jouant un rôle important dans le recyclage des nutriments grâce à ses espèces saprophytes. Il est également utilisé en agriculture comme agent de biocontrôle contre les champignons phytopathogènes et comme promoteur de croissance des plantes, notamment grâce à la production d'enzymes et de composés bioactifs à activité antimicrobienne (Gams & Bissett, 2002).

# PARTIE PRATIQUE

# CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

## 2. Matériel et Méthodes

L'étude a été conduite au sein des laboratoires de microbiologie et de biochimie de Université Mohamed Boudiaf de M'sila. Elle a été menée en plusieurs étapes méthodologiques : (1) l'extraction par éthanol et évaluation de composés polyphénoliques de *Eruca vesicaria*, (2) Préparation et maintien des souches bactériennes de référence disponibles au laboratoire, et (3) l'évaluation de l'activité antimicrobienne par le biais de méthodes analytiques standardisées appliquées aux souches sélectionnées.

### 2.1. Matériel végétal

Des spécimens d'*Eruca vesicaria* ont été collectés au stade de floraison (avril 2022) dans la région de Ouled Mansour (M'sila). Dr SARRI D. a été chargé de l'identification botanique de l'espèce a été effectuée sur la base de caractères morphologiques, en s'appuyant sur des flores de référence ainsi que sur des clés de détermination appropriées (Figure 5).




**Figure 5.** *Eruca vesicaria*. A) Plante entière B) Tête florale ; (Photo de HENDEL, M'sila, Avril 2022).

Les échantillons obtenus ont été ensuite séchés à l'air libre, dans un milieu sec, bien ventilé et à l'abri de la lumière, à température ambiante. Après un tri préalable, les parties aériennes (feuilles, tiges florales et inflorescences) ont été finement broyées par un broyeur électrique, puis conditionnées dans des sachets en papier et stockées à l'abri de l'humidité jusqu'à leur utilisation pour les opérations d'extraction.

### 2.2. Extraction par macération dans de l'éthanol

L'extrait éthanolique brut (EE) a été élaboré en s'inspirant du protocole de Jimoh *et al.* (2020), avec certaines modifications. La poudre végétale (50 g) a été soumise à une extraction par macération dans 500 mL d'éthanol (rapport solide/solvant de 1:10), sous agitation continue pendant 24 heures à température ambiante. Le mélange obtenu a ensuite été filtré sur papier filtre Whatman N°1 afin d'éliminer les résidus solides. Le filtrat a été concentré par élimination du solvant sous pression réduite, à 40°C, à l'aide d'un évaporateur rotatif (Figure 6). L'extrait sec résultant a été récupéré, conditionné dans des flacons ambrés hermétiques, puis conservé à 4°C jusqu'à son utilisation ultérieure dans les essais biologiques.

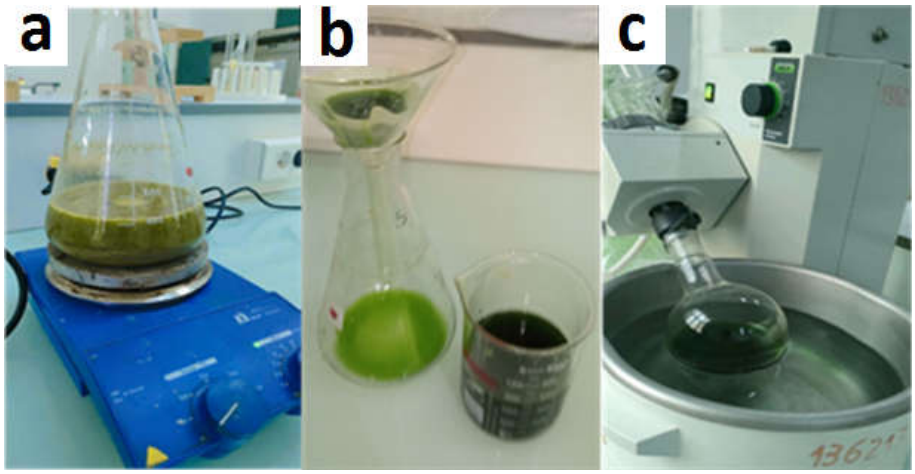



**Figure 6.** Procédure d'extraction (a: macération, b: filtration, c: évaporation).

#### 2.2.1. Calcul du rendement

Le rendement de l'extraction a été calculé conformément à la méthode décrite par Falleh *et al.* (2008), en utilisant la formule suivante:

$$\textbf{Rendement (R)\%} = \mathbf{M_{Ext} / M_{Ech} \times 100}$$

Où

$\mathbf{M_{Ext}}$: Masse de l'extrait sec obtenue après évaporation du solvant (g).
$\mathbf{M_{Ech}}$: Masse de la prise d'essai de la matière végétale (g).

### 2.3. Dosage des composés phénoliques

#### 2.3.1. Dosage des polyphénols

La quantification des composés phénoliques totaux de l'extrait d'*Eruca vesicaria* a été réalisée selon la méthode colorimétrique au réactif de Folin-Ciocalteu, adaptée de Li *et al*. (2007). Le principe repose sur la réduction du réactif (mélange d'acides phosphotungstique et phosphomolybdique) par les groupements hydroxyles des phénols en milieu alcalin, entraînant la formation d'un complexe bleu de tungstène et de molybdène.

En pratique, un volume de 100 µL de l'extrait a été mélangé à 500 µL du réactif de Folin-Ciocalteu (10%). Après une première incubation de 4 minutes, 400 µL de carbonate de sodium ($Na_2CO_3$ à 7,5%) ont été ajoutés. Le mélange final a été maintenu à l'obscurité pendant 2 heures afin de stabiliser la réaction. La lecture de l'absorbance a été effectuée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Les concentrations ont été déduites à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-200 µg/mL). Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg).

### 2.3.2. Dosage des flavonoïdes

La détermination de la teneur en flavonoïdes totaux de l'extrait d'*Eruca vesicaria* a été réalisée selon la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium, adaptée de Bahorun *et al.* (1996). Cette méthode repose sur la formation d'un complexe stable entre le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) et les groupements hydroxyles des flavonoïdes.

En pratique, un volume de 1 mL d'extrait ou de solution standard de quercétine a été mélangé à 1 mL de solution de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$ à 2 % dans le méthanol). Après une incubation de 10 minutes à l'obscurité, à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

La quantification a été réalisée par interpolation à partir d'une courbe d'étalonnage de la quercétine (2,5–40 µg/mL). Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalents de quercétine par milligramme d'extrait sec (µg EQ/mg).

## 2.4. Evaluation de l'activité antioxydante

### 2.4.1. Test de DPPH

Le pouvoir antioxydant de l'extrait éthanolique d'*Eruca vesicaria* a été évalué par le test de piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), selon une méthode adaptée de Sánchez-Moreno *et al.* (1998). Le principe repose sur la capacité des composés antioxydants à réduire le radical stable DPPH, de couleur violette, en une forme réduite de couleur jaune, entraînant une diminution de l'absorbance.

En pratique, un volume de 600 µL de l'extrait ou de l'acide ascorbique (témoin positif) a été mélangé à 600 µL d'une solution méthanolique de DPPH (0,004 %). Après une incubation de 30 minutes à l'obscurité, à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Un témoin négatif, constitué de la solution de DPPH seule, a été préparé dans les mêmes conditions.

L'activité antiradicalaire est exprimée en termes de concentration inhibitrice $IC_{50}$, définie comme la concentration nécessaire pour réduire 50% des radicaux DPPH. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écart-type.

### 2.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne de la plante

#### 2.5.1. Microorganismes

Les souches bactériennes utilisées afin d'évaluer l'activité de l'extrait éthanolique (EE) de *Eruca vesicaria* sont des souches de référence issues de la collection du laboratoire de microbiologie du Département de Microbiologie et Biochimie. Elles incluent notamment :

- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853
- *Bacillus cereus* ATCC 10876
- *Escherichia coli* ATCC 25922

Les souches fongiques d'origine alimentaire ayant fait l'objet des tests étaient les suivantes :

- *Aspergillus flavus*
- *Aspergillus niger*
- *Fusarium oxysporum*
- *Penicillium* sp.
- *Trichoderma* sp.

L'ensemble de ces microorganismes étaient également conservés au sein du même laboratoire.

L'évaluation de la pureté des souches bactériennes a été effectuée par des transferts successifs dans le bouillon nutritif (BN), dans un environnement contrôlé en laboratoire. Pour vérifier leur homogénéité, un ensemencement en stries d'épurement a été réalisé sur une gélose nutritive, suivi d'une incubation de 24 heures à une température de 37 °C. Deux principaux milieux de culture ont été utilisés pour effectuer les tests antimicrobiens : la gélose nutritive (GN) et la gélose Mueller-Hinton (MHA). Ces milieux favorisent à la fois une culture optimale des bactéries et l'évaluation de leur sensibilité face aux agents antimicrobiens. Le milieu de culture à base de pomme de terre et de glucose, Potato Dextrose Agar (PDA), a été employé pour les tests

antifongiques, du fait qu'il soit particulièrement approprié pour favoriser la croissance fongique et examiner l'impact des extraits végétaux sur celle-ci.

Afin de conserver les souches, les bactéries ont été cultivées sur une gélose nutritive inclinée, incubées à une température de 37 °C pendant un jour, puis entreposées à 5 °C. Le même processus a été suivi pour les souches de champignons, mais sur un milieu PDA incliné, ce qui facilite leur conservation en prévision d'analyses futures.

### 2.5.2. Préparation des solutions de l'extrait EE

Pour les essais de diffusion en puits, l'extrait EE a été directement solubilisé dans du diméthylsulfoxyde (DMSO) pur, afin d'obtenir les concentrations requises pour les tests.

Concernant la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et des concentrations minimales bactéricide (CMB), les différentes solutions de l'extrait ont été préparées par dilution dans du bouillon nutritif supplémenté de 2 % (v/v) de DMSO. Cette proportion facilite la solubilisation de l'extrait tout en maintenant la compatibilité avec les milieux de culture utilisés.

### 2.5.3. Préparation de l'inoculum

Le bouillon nutritif (BN) a servi à préparer l'inoculum bactérien. Chaque souche bactérienne est revivifiée dans le BN pendant au moins18h, puis inoculée sur un milieu GN via la technique d'épuisement et incubées à 37°C pendant une durée de 24 heures afin d'obtenir des colonies distinctes. Deux colonies distinctes par souche ont été échantillonnées à l'aide d'une anse de platine stérile, mises en suspension dans 9 mL de NaCl à 0,9 %, puis homogénéisées par agitation. La turbidité a été ajustée pour correspondre au standard 0,5 de l'échelle de McFarland (qui correspond à une densité optique de 0,08 à 0,13 à 620 nm), ce qui équivaut approximativement à une concentration de $10^8$ UFC/mL

## 2.6. Activité antibactérienne

### 2.6.1. Méthode des puits de diffusion

Des puits de 6 mm de diamètre ont été ménagés à l'aide d'un emporte-pièce stérile au sein de la gélose Mueller-Hinton (MHA) en boite, préalablement inoculée par écouvillonnage avec une suspension bactérienne ajustée à $10^8$ UFC/mL. Ces puits ont été disposées de manière équidistante sur la surface du milieu.

Selon l'approche méthodologique de Cui *et al.* (2021) légèrement modifiée, l'extrait EE de *E. vesicaria*, solubilisé dans le DMSO à une concentration finale de 300 mg/mL, a été introduit dans les puits à raison de 30 µL par dépôt. Afin de favoriser une diffusion optimale des substances actives, une pré-incubation de 2 h à 4 °C a été observée, suivie d'une incubation à 37 °C pendant

24 h. L'activité antibactérienne a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (ZI). Le DMSO a servi de témoin négatif, alors que le céfoxitine (30 µg) a été employé comme référence positive.

### 2.6.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La concentration minimale inhibitrice (CMI) a été déterminée par la méthode de microdilution en milieu liquide, conformément au protocole décrit par Toty *et al*. (2013). Initialement, une solution mère a été préparée par dissolution de 300 mg de l'extrait éthanolique (EE) dans le DMSO, puis complétée à 1 mL avec du bouillon nutritif sous agitation vigoureuse. Une série de dix dilutions décimales a ensuite été réalisée à partir de cette solution.

Les essais ont été effectués dans une microplaque à 96 puits, chaque puits recevant 100 µL de la dilution correspondante, 95 µL de bouillon nutritif et 5 µL d'un inoculum bactérien standardisé à $10^8$ UFC/mL, pour un volume final de 200 µL.

Par ailleurs, deux témoins ont été inclus : un témoin positif (bouillon nutritif et inoculum bactérien) afin de vérifier la viabilité des souches, et un témoin négatif (bouillon stérile) pour contrôler l'absence de contamination. Après incubation à 37 °C pendant 18 à 24 heures, la CMI a été définie comme la plus faible concentration d'extrait ne présentant aucune croissance bactérienne visible, traduite par l'absence de turbidité (Toty *et al.,* 2013). La validité des résultats a été confirmée par la présence de croissance dans le témoin positif et l'absence de toute turbidité dans le témoin négatif.

## 2.7. Activité antifongique

L'activité antifongique de l'extrait éthanolique (EE) d'*Eruca vesicaria* a été étudiée en se référant au protocole de Hendel *et al*. (2021). À cet effet, 300 mg d'extrait sec ont été dissous au préalable dans 1 mL de diméthylsulfoxyde (DMSO), puis incorporés de manière homogène dans 250 mL de gélose PDA stérilisée encore liquide. Le DMSO a été retenu comme solvant en raison de son inertie biologique et de l'absence d'activité antifongique aux concentrations employées.

L'évaluation a porté sur cinq souches fongiques phytopathogènes, en utilisant la méthode du contact direct. Cette approche consiste à mélanger l'extrait au milieu de culture avant sa solidification. Après solidification, un ensemencement aseptique a été réalisé en déposant, au centre de chaque boîte de Pétri, un disque mycélien de 6 mm de diamètre prélevé à partir d'une culture active.

Les boîtes ont ensuite été incubées pendant une durée de sept jours dans des conditions appropriées. L'effet inhibiteur de l'extrait a été estimé par la comparaison des diamètres de

croissance mycélienne des cultures traitées avec ceux des témoins négatifs contenant uniquement le DMSO. Le pourcentage d'inhibition a été calculé selon la relation suivante :

$$\mathbf{I\% = [(DC-DT) / DC] \times 100}$$

Où DC représente le diamètre moyen (en mm) des colonies témoins et DT celui des colonies traitées.

### 2.8. Analyse statistique

L'ensemble des essais relatifs aux activités antioxydante et antimicrobienne a été réalisé en triplicatas, et les résultats sont exprimés sous forme de moyennes ± écart-type. La comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide d'une analyse de la variance, suivie du test post hoc de Tukey pour les comparaisons multiples.

Le seuil de significativité statistique a été fixé à $p \leq 0,05$. L'exploitation et le traitement des données ont été réalisés à l'aide du logiciel GraphPad Prism 6.05.

# PARTIE PRATIQUE

# CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Rendement en extraits de *Eruca vesicaria*

L'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* obtenu dans cette étude présente un aspet visqueux avec une couleur vert foncé et une odeur caractéristique de la plante. Après évaporation du solvant et séchage de l'extrait, un rendement de 4,7 % a été obtenu, calculé selon le rapport entre la masse de l'extrait sec récupéré et la masse initiale de la poudre végétale utilisée pour l'extraction.

Ce rendement reste inférieur à celui rapporté par Brahimi *et al.* (2025), qui ont obtenu un rendement de 20,2 % pour un extrait hydro-méthanolique de la même plante. Par contre, il est proche de celui rapporté chez *Eruca sativa* par Awadelkareem *et al*. (2022) qui ont obtenu un rendement de 4,26 %. Cette similarité pourrait être expliquée par l'utilisation du même solvant d'extraction, l'éthanol, connu pour son efficacité dans l'extraction des composés bioactifs.

En effet, le rendement d'extraction dépend fortement de la capacité du solvant à solubiliser les composés bioactifs présents dans la matrice végétale. D'autres facteurs sont également impliqués, se sont liés à l'environnement et/ou propre à la plante elle-même (Oreopoulou *et al.*, 2019).

### 3.2. Dosage des des composés phénoliques

#### 3.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des composés phénoliques d'*Eruca vesicaria* a été effectué par méthode spectrophotométrique de Folin-Ciocalteu, en utilisant l'acide gallique comme standard. Cette méthode repose sur la réaction des composés phénoliques avec le réactif de Folin-Ciocalteu en milieu alcalin, conduisant à la formation d'un complexe coloré mesuré par spectrophotométrie. Elle permet ainsi d'estimer la teneur totale en composés phénoliques des extraits de la plante, exprimée en équivalents d'acide gallique (EAG).

Les résultats obtenus sont calculés à partir de la courbe d'étalonnage réalisée en utilisant de l'acide gallique (AG) comme standard (Figure 7). Les résultats obtenus montrent une teneur élevée en polyphénols totaux estimée à 279,24 ± 8,18 mg EAG/g d'extrait sec.

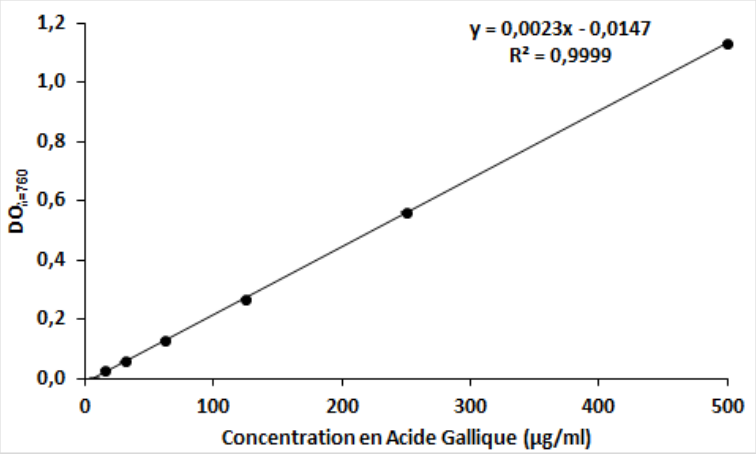



**Figure 7.** Courbe étalon de l'acide gallique.

Les TPT obtenues dans la présente étude sont supérieures à celles rapportées par Djebbara *et al*. (2025) dans une étude réalisée sur *Eruca sativa* récoltée en Algérie où les feuilles ont présenté une teneur en polyphénols totaux estimée à 180 mg GAE/g d'extrait sec, alors que les racines n'ont montré que 52,13 mg GAE/g d'extrait sec . Des études sur la même plante réalisées par Brahimi *et al.* (2025) ont rapporté des teneurs plus faibles en polyphénols totaux dans des extraits obtenues par différents solvants. Les auteurs ont enregistré une teneur maximale de 133,61 ± 1,25 mg GAE/g pour l'extrait à l'acétate d'éthyle (EE), suivie de 94,56 ± 0,47 mg GAE/g pour l'extrait butanolique (BF) et de 77,79 ± 0,82 mg GAE/g pour l'extrait aqueux (AE), tandis que l'extrait chloroformique (CF) a présenté la teneur la plus faible avec 28,56 ± 0,71 mg GAE/g.

Une étude réalisée par Halmi *et al.* (2022) sur l'extrait hydrométhanolique de *Eruca vesicaria* a montré des teneurs de 4,63 ± 0,017 mg EAG/g d'extrait pour les polyphénols totaux. Ces résultats sont considérés comme inférieurs à ceux obtenus dans notre étude.

Ces variations pourraient être attribuées à la nature du solvant utilisé, aux conditions d'extraction, aux méthodes expérimentales employées, ainsi qu'à d'autres facteurs biologiques et environnementaux (Aryal *et al.*, 2019).

### 3.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux

La détermination de la teneur en flavonoïdes totaux (TFT) de *Eruca vesicaria* a été réalisée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium en utilisant la quercétine comme standard. Les résultats obtenus sont calculés à partir de la courbe d'étalonnage réalisée en utilisant de la quercétine (Q) comme standard (Figure 8).

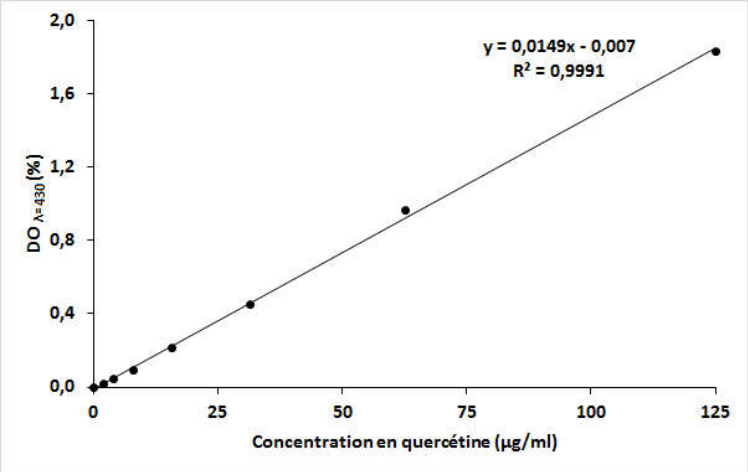



**Figure 8.** Courbe étalon de la quercétine.

Les résultats obtenus dans notre étude montrent une teneur importante en flavonoïdes totaux estimée à 50,57 ± 0,02 mg EQ/g d'extrait sec. Cette teneur en flavonoïdes est largement supérieure à celle rapportée par Halmi *et al.* (2022) pour l'extrait hydroalcoolique de *Eruca vesicaria* (2,14 ± 0,025 mg QE/g). Elle est légèrement supérieure à celle rapportée chez par Brahimi *et al*. (2025), où les valeurs variaient entre 13,70 et 47,83 mg QE/g d'extrait selon les fractions analysées.

Une étude réalisée par Halmi *et al.* (2022) sur l'extrait hydrométhanolique de *Eruca vesicaria* a montré des teneurs de 4,63 ± 0,017 mg EAG/g d'extrait pour les polyphénols totaux et de 2,14 ± 0,025 mg EQ/g d'extrait pour les flavonoïdes totaux, ces résultats sont considérés comme inférieurs à ceux obtenus dans notre étude.

## 3.3. Evaluation de l'activité antioxydante

### 3.3.1. Test de DPPH

L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), largement utilisée pour déterminer la capacité des extraits végétaux à neutraliser les radicaux libres. Le BHT a été utilisé comme antioxydant standard.

Le BHT a présenté une augmentation progressive du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH avec l'augmentation de la concentration, traduisant une forte activité antioxydante (Figure 9). La valeur $IC_{50}$ obtenue est de 16.32 ± 0.81 µg/mL.

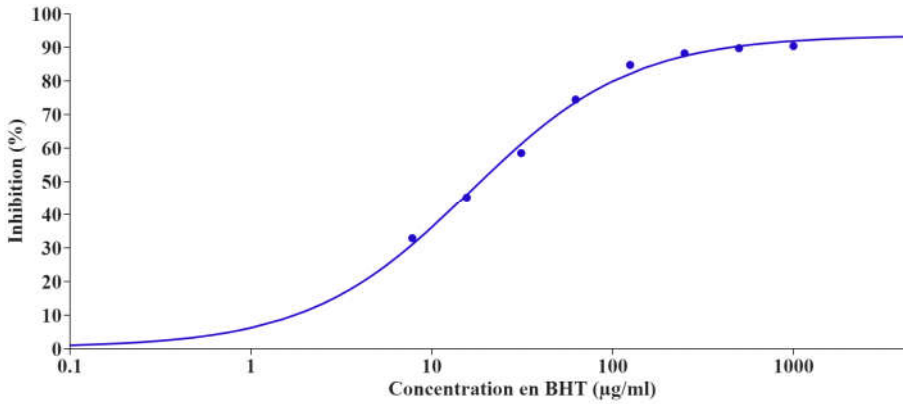



**Figure 9.** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration du BHT

L'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* a montré une augmentation du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration. La valeur $IC_{50}$ obtenue est de 364.23 ± 0.069 µg/mL, indiquant une activité antioxydante modérée (Figure 10).

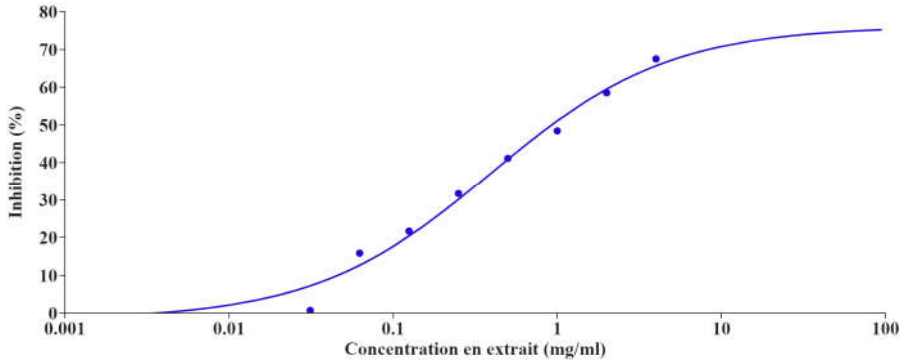



**Figure 10.** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration l'EE de *Eruca vesicaria*.

Le BHT présente une activité antioxydante plus importante que l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria*. En effet, le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente plus rapidement avec le BHT en fonction de la concentration, traduisant une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres. Cette différence est également confirmée par les valeurs d'$IC_{50}$ obtenues, où le BHT présente une valeur beaucoup plus faible (16.32 ± 0.81 µg/mL) que celle de l'extrait éthanolique (364.23 ± 0.069 µg/mL). Ces résultats indiquent que l'extrait possède une activité antioxydante modérée comparativement au standard utilisé.

En comparaison avec les résultats rapportés par Brahimi *et al*. (2025), l'activité antioxydante de notre extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* apparaît moins importante. Ces auteurs ont montré

que la fraction d'acétate d'éthyle de la plante possède une forte activité antioxydante avec une valeur $IC_{50}$ de 0,164 mg/mL, suivie de la fraction butanolique avec une $IC_{50}$ de 0,33 mg/mL. La fraction éthyl-acétate a présenté la meilleure capacité de piégeage du radical DPPH, probablement en raison de sa richesse en composés phénoliques et flavonoïdiques bioactifs.

### 3.4. Activité antimicrobienne

#### 3.4.1. Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* a été évaluée par la méthode des puits de diffusion sur gélose Mueller-Hinton contre quatre souches bactériennes de référence ATCC, à savoir *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* et *Escherichia coli*. Le céfoxitine (30 µg) a été utilisé comme témoin positif afin de comparer l'activité de l'extrait à un antibiotique de référence. Il s'agit d'un antibiotique de la famille des β-lactamines, il présente un spectre d'action proche de celui des céphalosporines de deuxième génération, avec une activité sur les bactéries Gram négatives et les bactéries anaérobies, notamment les bacilles anaérobies (Lepeule and lefort, 2012). Les résultats ont montré une activité variable selon les souches testées. La plus forte inhibition a été observée contre *Bacillus cereus* avec un diamètre de 14,33 ± 1,53 mm, suivie de *Staphylococcus aureus* (8,33 ± 0,58 mm) et *Pseudomonas aeruginosa* (6,33 ± 0,58 mm). En revanche, *Escherichia coli* n'a montré aucune zone d'inhibition visible, comme l'illustre e la figure 11.

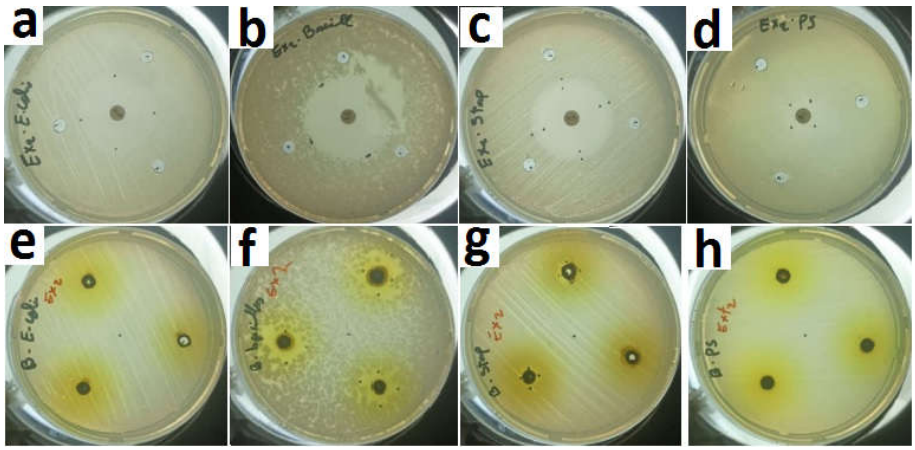



**Figure 11.** Effet inhibiteur de l'antibiotique céfoxitine et de l'EE sur les bactéries*:*
*E. coli* (**a,e)** ; B. cereus **(b**,**f)** *;* *S. aureus* **(c**,**g)** ; P. aeruginosa (**d,h)**.

Une comparaison avec le témoin positif, la céfoxitine, a montré que l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* reste inférieure à celle de l'antibiotique de référence. En effet, la céfoxitine a présenté des zones d'inhibition plus importantes, confirmant ainsi sa forte efficacité antibactérienne.

Nos résultats sont partiellement concordants avec ceux rapportés par Qaddoumi *et al*. (2019), qui a montré une activité antibactérienne de l'extrait aqueux des feuilles de *Eruca sativa* contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, avec des zones d'inhibition de 19 mm et 12 mm respectivement. En revanche, aucune activité n'a été observée contre *Bacillus cereus*. L'étude de Brahimi *et al*. (2025) a montré que l'activité antimicrobienne dépend fortement du type d'extrait et de la souche microbienne testée. L'extrait ethanolique a présenté la meilleure activité contre *Staphylococcus aureus* (15 mm), tandis que l'extrait acqueux a été le plus actif contre *Escherichia coli* (14 mm), par ailleurs, les résultats obtenus dans notre étude apparaissent inférieurs à ceux rapportés par Driss *et al*. (2015) avec l'extrait éthanolique des fleurs d'*Eruca sativa*. En effet, ces auteurs ont enregistré des diamètres d'inhibition compris entre 12,5 ± 2,1 et 16,7 ± 0,1 mm contre différentes souches bactériennes, et les bactéries Gram positif semblent être plus sensibles à l'extrait.

Ces différences pourraient être liées à la nature du solvant utilisé pour l'extraction, celui-ci pouvant influencer la quantité et la nature des composés bioactifs extraits, les résultats obtenus montrent aussi que l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria* exerce une activité antibactérienne plus importante sur les bactéries Gram positives, notamment *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*, que sur les bactéries Gram négatives telles que *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Cette tendance est également concordante avec les résultats rapportés dans la littérature, où les fractions de *Eruca vesicaria* ont montré une activité plus marquée contre les bactéries Gram positives que contre les Gram négatives, probablement en raison de la structure plus simple de leur paroi cellulaire comparativement aux bactéries Gram négatives.

## 3.4.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice et bactéricide

Les valeurs de CMI et CMB de l'EE de *Eruca vesicaria* sont présentées dans le tableau 03 :

**Tableau 1.** Concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) de l'extrait EE de *Eruca* vesicaria sur les souches microbiennes testées.

| Bactéries/levure | CMI (mg/ml) | CMB (mg/ml) |
|---|---|---|
| *Escherichia coli* | 4,69 | > 600 |
| *Pseudomonas aeruginosa* | 37,5 | 300 |
| *Staphylococcus aureus* | 18,75 | 150 |
| *Bacillus cereus* | 18,75 | 37,5 |

D'après les résultats obtenus, la souche *Bacillus Cereus* s'est révélée la plus sensible, avec une CMB relativement faible de 37,5 mg/mL. À l'inverse, *Escherichia coli* a montré une forte tolérance à l'extrait, avec une CMB dépassant 600 mg/mL, ce qui reflète une résistance plus marquée.

Les résultats rapportés par Rizwana *et al* (2016) concernant la CMI et la CMB de l'extrait d'*Eruca sativa* montrent une sensibilité plus marquée des bactéries Gram positives, avec des valeurs de CMI et de CMB relativement faibles, contrairement aux bactéries Gram négatives qui nécessitent des concentrations plus élevées, traduisant une plus grande résistance. Cette tendance rejoint nos résultats, confirmant la sensibilité globale des Gram positives et suggérant que l'extrait présente principalement une activité inhibitrice, avec un potentiel bactéricide variable selon les souches, comme l'indique le rapport CMB/CMI. Par ailleurs, Brahimi et al. (2025) ont montré que l'activité antimicrobienne de *Eruca vesicaria* varie selon le type d'extrait et les microorganismes testés, avec des valeurs de CMI atteignant 1,25 mg/mL contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Ces auteurs rapportent également une activité bactéricide limitée ou absente selon les cas, confirmant ainsi un effet majoritairement bactériostatique et dépendant à la fois de la souche et de la nature de l'extrait.

Ces observations sont globalement en accord avec les résultats obtenus dans la présente étude, qui mettent également en évidence une activité plus marquée contre les bactéries Gram positives que contre les bactéries Gram négatives.

Les propriétés antimicrobiennes des extraits de végétaux sont principalement attribuées à trois grandes familles de composés phytochimiques : les terpénoïdes, les composés phénoliques (incluant les acides phénoliques et les flavonoïdes) et, dans une moindre mesure, les alcaloïdes. Les composés phénoliques, en particulier, peuvent diffuser à travers la membrane et acidifier le cytoplasme (Alibi *et al.*, 2021), mis à part la perturbation des membranes et de la paroi cellulaire bactérienne, conduisant à une altération de leur intégrité et à la fuite du contenu cytoplasmique, ce qui entraîne la mort cellulaire (Barbieri *et al.*, 2017). Des interactions synergiques entre ces différentes classes de composés au sein d'un même extrait sont également documentées pour renforcer l'efficacité antimicrobienne globale (Rempe *et al.*, 2017)

### 3.5. Activité antifongique

#### 3.5.1. Effet de l'EE sur la croissance mycélienne des moisissures

Afin d'évaluer l'activité antifongique de l'extrait de *Eruca vesicaria*, une étude de la croissance mycélienne de plusieurs souches fongiques a été réalisée sur différentes souches fongiques, notamment *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* sp. et *Trichoderma* sp. L'effet de l'extrait a été suivi pendant sept jours d'incubation à 25 °C. L'effet inhibiteur de l'extrait a été estimé par la comparaison du diamètre des colonies fongiques témoins et celles traitées. Les résultats ont été exprimés sous forme de pourcentage d'inhibition et représentés par des courbes de croissance permettant de suivre l'évolution du développement

mycélien au cours de l'incubation. Par ailleurs, des observations macroscopiques ont été réalisées afin de mettre en évidence l'effet de l'extrait sur la croissance et l'aspect des colonies fongiques (Figure 12 et 13). Les résultats relatifs à l'activité antifongique de l'extrait, exprimés en pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne, sont regroupés dans la figure 14.

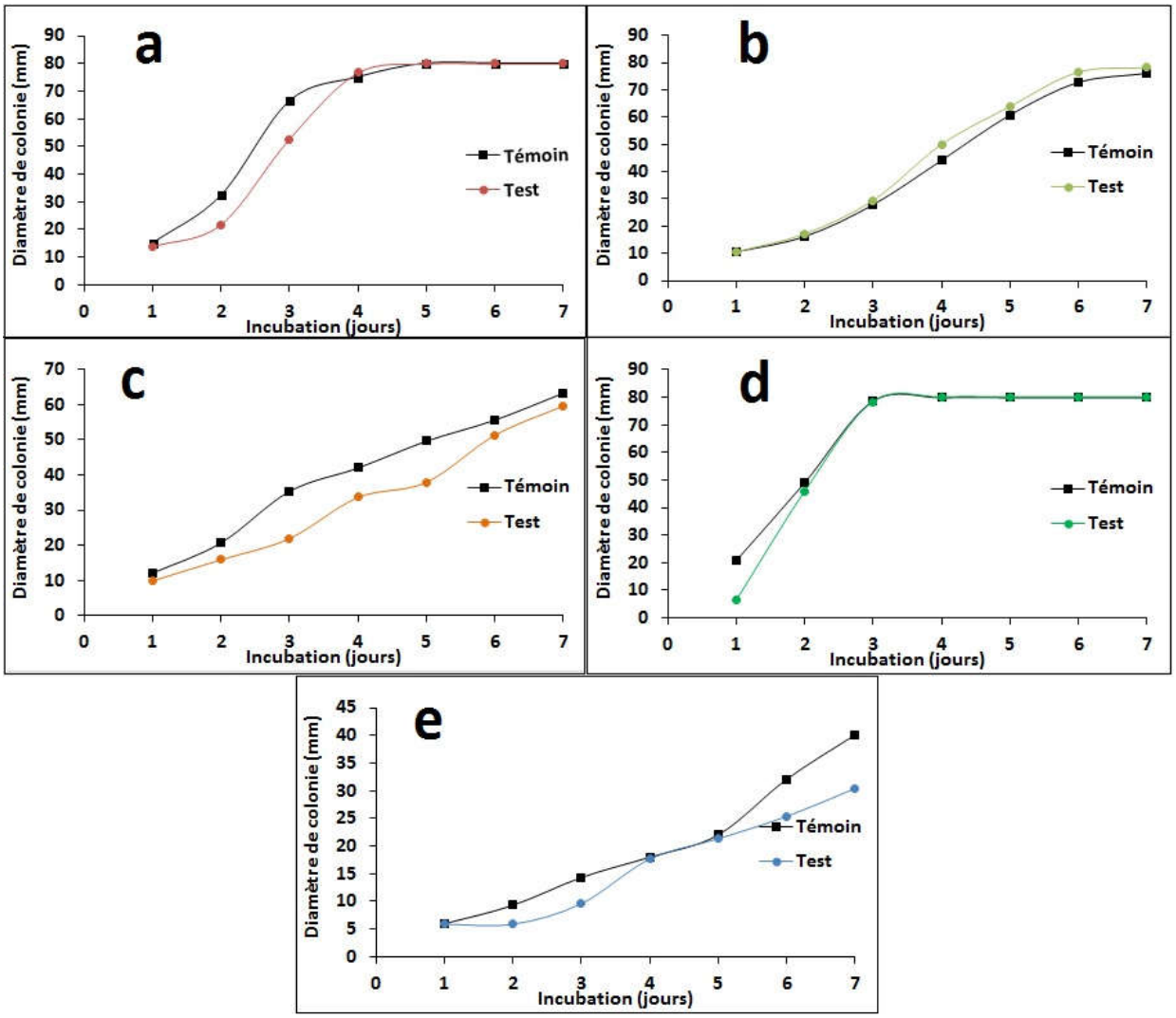



**Figure 12.** Effet de l'extrait EE de *Eruca vesicaria* sur la croissance mycélienne des moisissures durant 7 jours d'incubation à 25 °C. a) *Fusarium oxysporum* ; b) *Aspergillus flavus* ; c) *Aspergillus niger* ; d) *Tichoderma* sp. ; e) *Pencillium* sp. (Témoin : sans extrait ; Test : avec extrait).

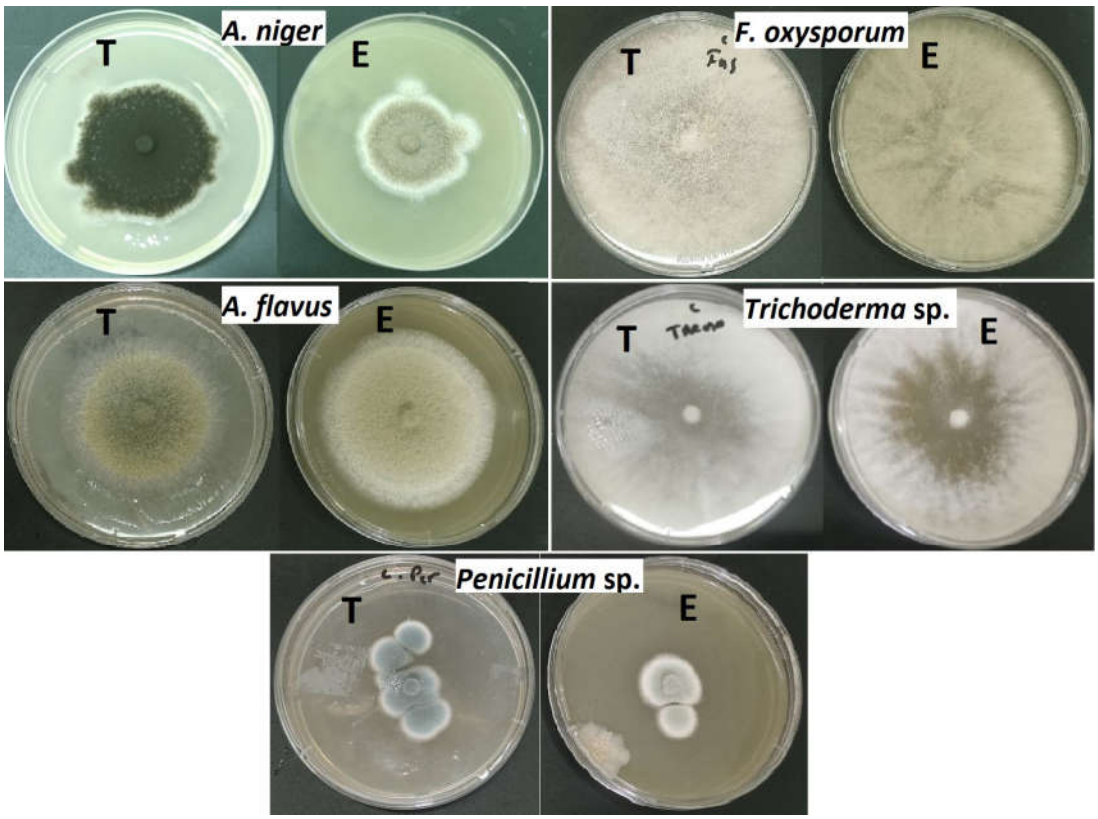



**Figure 13.** Aspects macroscopiques des colonies fongiques témoins et traitées par l'EE de *Eruca vesicaria* après 7 jours d'incubation (**T** : Témoin, **E** : Extrait).

Les résultats obtenus montrent que l'activité antifongique de l'extrait de *Eruca vesicaria* varie selon les souches fongiques testées. L'extrait n'avait pas un effet inhibiteur considérable sur l'ensemble des moisissures. Le suivi de la croissance fongique sous l'effet de l'extrait EE de *E. vesicaria* par rapport au témoin, mesurée par le diamètre des la colonie fongique, a démontré une inhibition préliminaire de 24 h et 48 h de la croissance mycélienne des moisissures *Trichoderma* sp. et *Penicillium* sp., respectivement. Durant la période d'incubation (7 jours), une légère action réductrice de croissance a été observée sur les moisissures *Aspergillus niger* et *Penicillium* sp. (Figure 12 c,e). Cette action a été observée sur *Fusarium oxysporum,* durant les 4 premiers jours (Figure 12a). A la fin d'incubation, *Fusarium oxysporum, Trichoderma* sp. et *Aspergillus flavus* n'ont présenté aucune différence entre le témoin et le test. *Aspergillus flavus* exposé à l'effet de l'extrait EE a présenté une croissance un peu meilleure que le témoin, indiquant une résistance claire à l'extrait. Les caractères culturaux des moisissures ont plus ou moins été affectées (couleur et sporulation surtout – Figure 13).

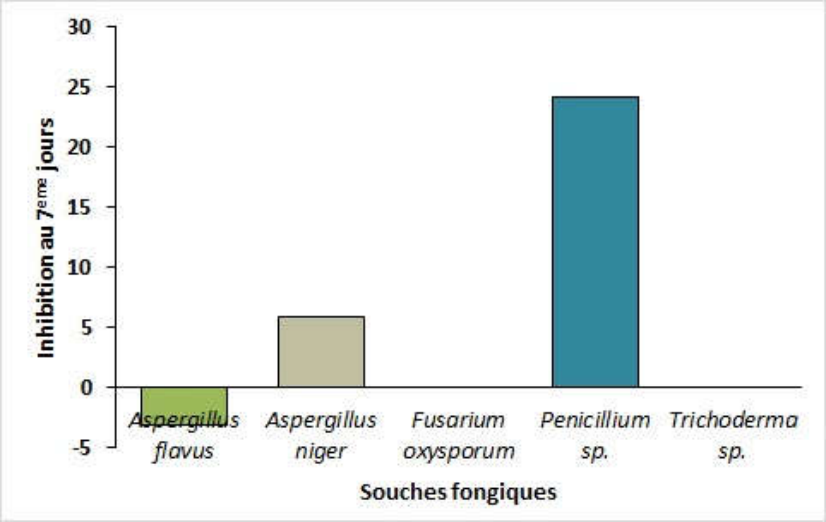



**Figure 14.** Taux d'inhibition exercé par l'extrait EE de *Eruca vesicaria* sur la croissance mycélienne des moisissures au 7ième jours d'incubation à 25 °C.

Selon la Figure 14, le pourcentage d'inhibition le plus élevé a été enregistré chez *Penicillium* sp. avec une valeur de 24,20 ± 1,97 %, indiquant une sensibilité plus importante de cette souche à l'extrait étudié. En revanche, aucune inhibition n'a été observée chez *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma* sp., avec un pourcentage d'inhibition nul (0,00 %), ce qui traduit une résistance de ces souches vis-à-vis de l'extrait. Une faible activité antifongique a été notée contre *Aspergillus niger* avec une inhibition de 5,84 ± 2,53 %. Par ailleurs, une légère stimulation de la croissance mycélienne a été observée chez *Aspergillus flavus*, caractérisée par une valeur négative du pourcentage d'inhibition (-3,08 ± 3,36 %).

Ces résultats suggèrent que l'activité antifongique de l'extrait de *Eruca vesicaria* est sélective et dépend de la sensibilité de chaque souche fongique testée.

Plusieurs composés identifiés dans les extraits sont reconnus pour leurs propriétés antifongiques. Les acides phénoliques et les dérivés de l'acide cinnamique, tels que l'acide rosmarinique (Aydin *et al.*, 2024), ainsi que les flavonoïdes comprenant la quercétine, la rutine et le kaempférol (Khanzada *et al.*, 2021), ont fréquemment été rapportés comme agents antifongiques actifs. Les polyphénols, les terpènes et les acides gras exercent leur activité antifongique par la perturbation des membranes cellulaires fongiques, la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), l'inhibition des pompes d'efflux, l'interférence avec la biosynthèse de l'ergostérol (Liu *et al.*, 2024).

# CONCLUSION

## Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'intérêt phytochimique et biologique de *Eruca vesicaria*. Cette plante s'est révélée riche en composés phénoliques et flavonoïdiques, connus pour leurs nombreuses propriétés biologiques.

L'évaluation de l'activité antioxydante a montré que les extraits étudiés possèdent une capacité appréciable à neutraliser les radicaux libres, ce qui pourrait être lié à leur richesse en métabolites secondaires. Par ailleurs, l'étude de l'activité antimicrobienne a révélé des effets inhibiteurs variables vis-à-vis des souches bactériennes et fongiques testées, confirmant ainsi le potentiel biologique de cette espèce végétale.

Les résultats obtenus s'accordent globalement avec les données de la littérature, soulignant l'importance des composés naturels dans la recherche de nouvelles alternatives aux substances synthétiques utilisées dans les domaines thérapeutique et agroalimentaire. En effet, face aux problèmes liés au stress oxydatif, à la résistance microbienne et à la sécurité alimentaire, les plantes médicinales représentent une source prometteuse de molécules bioactives pouvant être valorisées dans plusieurs applications.

Ainsi, *Eruca vesicaria* apparaît comme une plante à fort potentiel biologique et pourrait constituer une source naturelle intéressante de composés antioxydants et antimicrobiens. Toutefois, des études complémentaires, notamment sur l'isolement et l'identification des molécules actives ainsi que sur leur mécanisme d'action et leur innocuité, demeurent nécessaires afin de mieux valoriser cette espèce et d'envisager son utilisation dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire.

# REFERENCES : BIBLIOGRAPHIQUES

# Références Bibliographiques

**Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M. S., Suleria, H. A. R. (2017)**. Natural polyphenols: An overview. International Journal of Food Properties, 20(8), 1689-1699.

**Alibi, S., Crespo, D., & Navas, J. (2021).** Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, *10*(3), 231.

**Amawi, H., Ashby, C. R., Samuel, T., Peraman, R., & Tiwari, A. K. (2017)**. Polyphenolic Nutrients in Cancer Chemoprevention and Metastasis: Role of the Epithelial-to-Mesenchymal (EMT) Pathway. Nutrients, 9(8), 911. https://doi.org/10.3390/nu9080911.

**Aryal, S., Baniya, M. K., Danekhu, K., Kunwar, P., Gurung, R., & Koirala, N. (2019).** Total phenolic content, flavonoid content and antioxidant potential of wild vegetables from Western Nepal. *Plants, 8*(4), 96.

**Awadelkareem, A. M., Al-Shammari, E., Elkhalifa, A. E. O., Adnan, M., Siddiqui, A. J., Snoussi, M., Khan, M. I., Azad, Z. R. A. A., Patel, M., & Ashraf, S. A. (2022)**. Phytochemical and *In Silico* ADME/Tox Analysis of *Eruca sativa* Extract with Antioxidant, Antibacterial and Anticancer Potential against Caco-2 and HCT-116 Colorectal Carcinoma Cell Lines. *Molecules*, *27*(4), 1409. https://doi.org/10.3390/molecules27041409.

**Aydin, M., Unusan, N., Sumlu, E., and Korucu, E.N. (2024).** Rosmarinic acid exhibits antifungal and antibiofilm activities against *Candida albicans*: Insights into gene expression and morphological changes. *J. Fungi*, 10: 751.

**Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., Pinkas, M. (1996)**. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. Arzneimittel-Forschung, 46 (11), 1086–1089.

**Barbieri, R., Coppo, E., Marchese, A., Daglia, M., Sobarzo-Sánchez, E., Nabavi, S. F., & Nabavi, S. M. (2017).** Phytochemicals for human disease: An update on plant-derived compounds antibacterial activity. *Microbiological research*, *196*, 44-68.

**Bayaga, H. N., Guedje, N. M., Omgba, Y. T., Yissibi, E. P., Nono, B. L. N., Elombat, D. C. A., Fokunang, C., & Essomba, C. N. (2020)**. Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et hydroéthanolique du mélange d'écorces de tronc d'Albizia gummifera (JF Gmel.) CA Sm et Spathodea campanulata P. Beauv. *Journal of Applied Biosciences*, 154(1), 15881–15887.

**Bell, L., & Wagstaff, C. (2019)**. Rocket science: A review of phytochemical & health-related research in *Eruca* & Diplotaxis species. *Food Chemistry*: X, 1, 100002. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2018.100002.

**Bendif, H., (2017)**. Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: Ajuga iva (L.) Schreb., Teucrium polium L., Thymus munbyanus subsp. coloratus (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et Rosmarinus eriocalyx Jord & Fourr. Thèse pour l'obtention du Doctorat en Sciences Biologiques, spécialité : biotechnologies végétales. Alger, L'école Normale Supérieure de Kouba, 145 p.

**Bensakhria, A. (2018)**. Le stress oxydatif. Toxicologie générale, 70-86.

**Bhatla, S. C., & Lal, M. A. (2023)**. Secondary metabolites. In Plant physiology, development and metabolism (pp. 765-808). *Singapore: Springer Nature Singapore*. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5736-1_33

**Bottone, E. J. (2010)**. Bacillus cereus, a volatile human pathogen. Clinical microbiology reviews, 23(2), 382-398. https://doi.org/10.1128/cmr.00073-09

**Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., ... & Dakka, N. (2017)**. Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. Phytothérapie, 16(S1), 173–183. https://doi.org/10.1007/s10298-017-1118-z.

**Brahimi, M. H., Dekmouche, M., Hadef, D., Abid, A., Mekhadmi, N. E., Benaissa, Y., Yousfi, M. (2025)**. Phytochemical Composition and Biological Potential of *Eruca vesicaria* (L.) Cav.: *In Vitro, In Vivo, and In Silico* Evaluation. *Chemistry & Biodiversity*, 23(2). https://doi.org/10.1002/cbdv.202502235.

**Chanda, S., & Dave, R. (2009)**. *In vitro* models for antioxidant activity evaluation and some medicinal plants possessing antioxidant properties: An overview. *African Journal of Microbiology Research*, 3(13), 981-996.

**Cighir, A., Mare, A. D., Vultur, F., Cighir, T., Pop, S. D., Horvath, K., Man, A. (2023)**. *Fusarium* spp. in Human Disease: Exploring the Boundaries between Commensalism and Pathogenesis. Life, 13(7), 1440. https://doi.org/10.3390/life13071440**.**

**Crozier, A., Clifford, M. N., Ashihara, H. (2006)**. Plant secondary metabolites. Occurrence, structure and role in the human diet, Blackwell-Publishers. https://doi.org/10.1002/9780470988558.

**Cui, Z. H., He, H. L., Wu, S. B., Dong, C. L., Lu, S. Y., Shan, T. J., ... & Sun, J. (2021).** Rapid screening of essential oils as substances which enhance antibiotic activity using a modified well diffusion method. *Antibiotics*, *10*(4), 463.

**Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., Capasso, F. (1999)**. Flavonoids: old+ and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. Life sciences, 65(4), 337-353. https://doi.org/10.1016/S0024-3205(99)00120-4.

**Djebbara, F., Mehida, H., Labga, L., Meziani, S., Belkessam, Y., Benine, M. L., Khaldi, A., Maghdouri, N., Menadi, N. (2025)**. Nutritional and therapeutic valorization of rocket (*Eruca sativa Mill*.) cultivate in Algeria: A functional food with multiple benefits. *Studies in Science of Science*, 43(4), 313–325. https://sciencejournal.re/index.php/studies-in-science-of-science/article/view/874.

**Dobignard, A., Chatelain, C. (2011)**. Index synonymique de la flore d'Afrique du nord 3: 1-449. Éditions des conservatoires et jardin botaniques, Genève. Edited by Alan Crozier, Michael.

**Driss, D. (2015)**. Antioxidant and antimicrobial activities of solvent extract obtained from rocket (*Eruca sativa L.*) flowers. *Free Radicals and Antioxidants*. https://doi.org/10.5530/fra.2015.1.5.

**Egea-Gilabert, C., Fernández, J. A., Migliaro, D., Martínez-Sánchez, J. J., Vicente, M. J. (2009)**. Genetic variability in wild vs. cultivated *Eruca vesicaria* populations as assessed by morphological, agronomical and molecular analyses. *Scientia Horticulturae*, 121(3), 260-266. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.02.020.

**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. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372–379. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.02.008.

**Gams, W., & Bissett, J. (2002)**. Morphology and identification of *Trichoderma*. In C. P. Kubicek & G. E. Harman (Eds.), *Trichoderma and Gliocladium* (Vol. 1, pp. 3–34). Taylor & Francis.

**Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., Chapelle, J. P. (2007)**. Le stress oxydant. Revue médicale de Liège, 62(10).

**Halmi, S., Madi, A., Cherfia, R., Zeghad, N., Beroual, K. (2022)**. Phytochemical characterization, Antioxidant and Analgesic potentials of Aerial Parts of *Eruca vesicaria*.

South *Asian Journal of Experimental Biology*, 12(5). https://doi.org/10.38150/sajeb.12(5).p576-584.

**Hendel, N., Sarri, D., Sarri, M., Selloum, M., Boussakra, F., Driche, O. (2021)**. Screening for in vitro antioxidant activity and antifungal effect of *Artemisia campestris L*. *International Journal of Agriculture*, Environment and Food Sciences, 5(3), 251–259. https://doi.org/10.31015/jaefs.2021.3.1.

**Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., & Lewu, F. B. (2020).** Toxicity and antimicrobial activities of Amaranthus caudatus L.(Amaranthaceae) harvested from formulated soils at different growth stages. *Journal of Evidence-based Integrative medicine*, *25*, 2515690X20971578.

**Khanzada, B., Akhtar, N., Okla, M.K., Alamri, S.A., Al-Hashimi, A., Baig, M.W., Rubnawaz, S., AbdElgawad, H., Hirad, A.H., Haq, I.-U., and Mirza, B. (2021).** Profiling of antifungal activities and in silico studies of natural polyphenols from some plants. *Molecules*, 26: 7164.

**Lepeule, R., & Lefort, A. (2012)**. Céfoxitine, seconde jeunesse?. *Journal des Anti-infectieux*, 15(1), 21-31. https://doi.org/10.1016/j.antinf.2013.02.004.

**Li, H.-B., Cheng, K.-W., Wong, C.-C., Fan, K.-W., Chen, F., Jiang, Y. (2007)**. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102(3), 771–776. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.022.

**Liu, R., Huang, L., Feng, X., Wang, D., Gunarathne, R., Kong, Q., Lu, J., and Ren, X. (2024)**. Unraveling the effective inhibition of α-terpinol and terpene-4-ol against *Aspergillus carbonarius*: Antifungal mechanism, ochratoxin A biosynthesis inhibition and degradation perspectives. *Food Res. Int.*, 194: 114915.

**Macheix, J. J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C. (2005)**. Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. EPFL Press.

**Mera, I. G., Falconí, D. G., Córdova, V. M. (2019)**. Secondary metabolites in plants: Main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities. *Rev. Bionatura*, 4(4). https://doi.org/10.21931/RB/2019.04.04.11.

**Munin, A., & Edwards-Lévy, F. (2011)**. Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. *Pharmaceutics*, 3(4), 793-829. https ://doi.org/10.3390/pharmaceutics3040793.

**Mutha, R. E., Tatiya, A. U., Surana, S. J. (2021).** Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: An overview. Future journal of pharmaceutical sciences, 7(1), 25 https://doi.org/10.1186/s43094-020-00161-8.

**Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2019).** Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: An overview of the methods and the effect of extraction parameters. In *Polyphenols in Plants* (pp. 243–259).

**Ouis, N. (2015)**. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil [thèse]. Oran: Université d'Oran, 1.

**Pakbin, B., Brück, W. M., Rossen, J. W. (2021)**. Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A review. *International journal of molecular sciences*, 22(18), 9922. https://doi.org/10.3390/ijms22189922.

**Panche, A. N., Diwan, A. D., Chandra, S. R. (2016)**. Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional* science, 5, e47. https://doi.org/10.1017/jns.2016.41.

**Pignone, D., & Gómez-Campo, C. (2010)**. *Eruca*. In Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Oilseeds (pp. 149-160). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

**Pushpangadan, P., Ijinu, T. P., George, V. (2015)**. Plant based anti-inflammatory secondary metabolites. *Annals of Phytomedicine*, 4(1), 17-36.

**Qaddoumi, S., & El-Banna, N. (2019).** Antimicrobial activity of arugula (*Eruca sativa*) leaves on some pathogenic bacteria. *Int. J. Biol*, 11(3), 10-15.

**Rani, I., Akhund, S., Suhail, M., Abro, H. (2010)**. Antimicrobial potential of seed extract of *Eruca sativa*. *Pak J Bot*, 42(4), 2949-2953.

**Rempe, C. S., Burris, K. P., Lenaghan, S. C., & Stewart Jr, C. N. (2017).** The potential of systems biology to discover antibacterial mechanisms of plant phenolics. *Frontiers in microbiology*, *8*, 422.

**Rizwana, H., Alwhibi, M. S., Khan, F., Soliman, D. A. (2016)**. Chemical composition and antimicrobial activity of *Eruca sativa* seeds against pathogenic bacteria and fungi. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(6), 1859-1871.

**Roma, M. I., Schiariti Lampropulos, V. E., Ayllón-Cabrera, I., Salazar Sanabria, A. N., López Nigro, M. M., Peroni, R. N., Carballo, M. A. (2019)**. Modulation of hepatic ABC transporters by *Eruca vesicaria* intake: Potential diet-drug interactions. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 133, 110797. https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110797.

**Royal Botanic Gardens, Kew. (2026)**. *Eruca vesicaria*. Plants of the World Online. Retrieved from https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:1137625-2

**Salem, M. Z., Salem, A. Z. M., Camacho, L. M., Ali, H. M. (2013)**. Antimicrobial activities and phytochemical composition of extracts of Ficus species: An over view. *Afr. J. Microbiol. Res*, 7(33), 4207-4219.

**Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., Saura-Calixto, F. (1998)**. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 270–276. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2%3C270::AID-JSFA945%3E3.0.CO;2-9.

**Scalbert, A., Johnson, I. T., Saltmarsh, M. (2005)**. Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 215S-217S. https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.215S.

**Serra, A. C. S., de Souza, N. D. S. V., da Silva Paes, G., Migliolo, L., da Silva, L. M. G. E. (2022)**. Secondary metabolites with antitumor activity: a review. *Research, Society and Development*, 11(3), e49511326786-e49511326786. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26786.

**Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., Jin, B. (2022)**. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food chemistry*, 383, 132531. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132531.

**Srinivasan, R., Prabhu, G., Prasad, M., Mishra, M., Chaudhary, M., Srivastava, R. (2020)**. *Penicillium*. In Beneficial microbes in agro-ecology (pp. 651-667). Academic Press.

**Toty, A. A., Guessennd, N., Bahi, C., Kra, A. K. M., Tokore, D. A., Dosso, M. (2013)**. Évaluation *in-vitro* de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 82, 33–48. http://bibli-cloud15.segi.ulg.ac.be/0037-9565/index.php?id=3968.

**Vincenot, F., Saleh, M., Prévost, G. (2008)**. Les facteurs de virulence de *Staphylococcus aureus*. *Revue francophone des laboratoires*, 2008(407), 61-69. https://doi.org/10.1016/S1773-035X(08)74868-8.

**Ward, O. P., Qin, W. M., Dhanjoon, J., Ye, J., Singh, A. J. A. I. A. M. (2005)**. Physiology and biotechnology of *Aspergillus*. *Advances in applied microbiology*, 58, 1-75. https://doi.org/10.1016/S0065-2164(05)58001-8.

**Wilson, M. G., Pandey, S. (2023)**. *Pseudomonas aeruginosa*. Treasure Island (FL): StatPearls. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK557831/.

## Sites Internet

**Kew Science.** (2026). *Eruca vesicaria*. Plants of the World Online. https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:1137625-2

# ANNEXES

**Annexe I**

## Milieux de culture utilisés "composition".

- **Bouillon nutritif (BN) (g/l)**

| | |
|---|---|
| Peptone | 10 g |
| Extrait de viande | 5 g |
| Extrait de levure | 2g |
| Chlorure de sodium | 5 g |
| Eau distillée | 1000 mL |
| pH | 7.2 |

- **Gélose nutritive (GN) (g/l)**

| | |
|---|---|
| Peptone | 5 g |
| Extrait de viande | 1 g |
| Extrait de levure | 2 g |
| Chlorure de sodium | 5 g |
| Agar | 15 g |
| Eau distillée | 1000 mL |
| pH | 7.4 |

- **Mueller-Hinton Agar (MH agar) (g/l):**

| | |
|---|---|
| Extrait de viande | 3,0 g |
| Caséine hydrolysée (par acide ou enzyme) | 17,5 g |
| Amidon | 1,5 g |
| Agar | 16,0 g |
| Eau distillée | 1000 mL |
| pH | 7,3 |

- **Composition du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) – en g/L :**

| | |
|---|---|
| Extrait de pomme de terre | 4,0 g (ou 200 g de pommes de terre fraîches) |
| Dextrose (glucose) | 20,0 g |
| Agar | 15,0 à 20,0 g |
| Eau distillée | 1 000 mL |
| pH | 5,6 |

## ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الكيميائية النباتية والبيولوجية للمستخلص الايتانولي نبات *Eruca vesicaria* المنتمي إلى الفصيلة الصليبية، والمعروف بغناه بالمركبات الحيوية الفعالة. تندرج هذه الدراسة ضمن إطار البحث عن مواد طبيعية تمتلك خصائص مضادة للأكسدة ومضادة للميكروبات يمكن استغلالها في المجالات الصيدلانية والغذائية .في البداية، تم تقييم التركيب الكيميائي النباتي للمستخلص من خلال تقدير محتوى البوليفينولات والفلافونويدات. كما تم دراسة النشاط المضاد للأكسدة باستعمال عدة طرق تحليلية لتحديد قدرة المستخلص على معادلة الجذور الحرة. إضافة إلى ذلك، تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات تجاه عدة سلالات بكتيرية وفطرية من خلال تحديد مناطق التثبيط والتركيزات الدنيا المثبطة والقاتلة/الفطرية .أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نبات *Eruca vesicaria* غني بالمركبات البوليفينولية والفلافونويدية (~279.24 مغ مكافئ لحمض الغاليك/ غ و~ 50.57 مغ مكافئ للكرستين/ غ) ، وهو ما قد يفسر الأنشطة البيولوجية المسجلة. كما بين المستخلص المدروس نشاطًا مضادًا للأكسدة ($IC_{50}$~364.23 مكغ/مل) وتأثيرًا تثبيطيًا متفاوتًا ضد الكائنات الحية الدقيقة المختبرة ( الـ MIC للبكتيريا بين 4 و 18 مغ/مل) . وتبرز هذه النتائج أهمية هذا النبات كمصدر طبيعي للمركبات الحيوية ذات الاهتمام العلاجي والغذائي.



**الكلمات المفتاحية:** *Eruca vesicaria*، البوليفينولات، الفلافونويدات، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات.



**Abstract**

The aim of this work was to investigate the phytochemical and biological properties of *Eruca vesicaria* ethanolic extract, a plant belonging to the Brassicaceae family and known for its richness in bioactive compounds. This study was conducted in the context of the search for natural substances with antioxidant and antimicrobial properties that may be used in pharmaceutical and agro-food fields. First, the phytochemical composition of the extract was evaluated through the determination of total polyphenol and flavonoid contents. Then, the antioxidant activity was assessed using different analytical methods to determine the ability of the extract to neutralize free radicals. The antimicrobial activity of the extract was also evaluated against several bacterial and fungal strains through the determination of inhibition zones as well as minimum inhibitory and bactericidal concentrations. The obtained results revealed that *Eruca vesicaria* is rich in phenolic and flavonoid compounds (~ 279,24 mg AGE/g, and ~50,57 mg QE/g), which may explain the observed biological activities. The studied extract showed appreciable antioxidant activity ($IC_{50}$ ~ 364.23 µg/mL) and variable inhibitory effects against the tested microorganisms (bacterial MIC from 4 to 18 mg/ml). These findings highlight the potential of this plant as a natural source of bioactive compounds with therapeutic and agro-food interest.



**Key words –** *Eruca vesicaria*, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, antibacterial activity, antifungal activity.



**Résumé**

L'objectif de ce travail est l'étude phytochimique et biologique de l'extrait éthanolique de *Eruca vesicaria*, une plante appartenant à la famille des Brassicaceae et reconnue pour sa richesse en composés bioactifs. Cette étude s'inscrit dans le contexte de la recherche de substances naturelles possédant des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes susceptibles d'être utilisées dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire. Dans un premier temps, une évaluation de la composition phytochimique de l'extrait a été réalisée à travers le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes. Par la suite, l'activité antioxydante a été étudiée par différentes méthodes analytiques afin de déterminer la capacité de l'extrait à neutraliser les radicaux libres. L'étude a également porté sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait vis-à-vis de plusieurs souches bactériennes et fongiques à travers la détermination des zones d'inhibition ainsi que des concentrations minimales inhibitrices et bactéricides. Les résultats obtenus ont révélé que *Eruca vesicaria* présente une richesse importante en composés phénoliques et flavonoïdiques (~ 279,24 mg EAG/g, et ~50,57 mg EQ/g), ce qui pourrait expliquer les activités biologiques observées. L'extrait étudié a montré une activité antioxydante appréciable ($IC_{50}$ ~ 364.23 µg/mL) ainsi qu'un effet inhibiteur variable contre les microorganismes testés (CMI bactérienne de 4 à 18 mg/ml). Ces résultats confirment le potentiel de cette espèce végétale comme source naturelle de composés bioactifs d'intérêt thérapeutique et agroalimentaire.



**Mots clés** – *Eruca vesicaria*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité antifongique