



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري  
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie appliquée

قسم : البيولوجيا التطبيقية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie et Hygiène Hospitalière

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Effet de séchage sur la qualité chimique, l'activité biologique et l'effet synergique des rhizomes de la plante endémique *Iris unguicularis* vis-à-vis quelques antibiotiques.**

Présenté par : CHIBANI Nihad

Le : 12/06/2024

ZEBIRI Ghada Rima

Jury d'évaluation :

**Président :** CHERFIA Radia (M.C.B - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Encadrant :** BATAICHE Insaf (M.C.A- U Constantine 1 Frères Mentouri.).

**Examineur(s):** HARZALLAH Besma (M.C.A- U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Tutrice :** SLAMA Mariem (doctorante en génie pharmaceutique, Ecole Nationale Polytechnique - Constantine 3)

Année universitaire  
2023 - 2024

# REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en tout premier lieu ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour mener à terme notre formation et pouvoir réaliser ce travail.

Nous tenons particulièrement à adresser nos remerciements à : notre encadreur **Dr. BATAICHE Insaf**, pour ses orientations et ses conseils tout au long de notre travail.

Un grand merci aux membres de jury, **Dr. HARZALLAH Besma** et **Dr. CHERFIA Radia** pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'évaluer et de juger notre travail. Leurs remarques et suggestions ne feront que parfaire ce travail.

Nous remercions tous les enseignants et le cadre administratif du département de biologie appliquée.

Nous remercions également **SLAMA Mariem** pour leurs aides, leurs soutiens et le temps qu'elle a bien voulu consacrer pour nous au cours de notre travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

# Dédicace

Louange à **Dieu** tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

Je tiens C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail.

**A mes chers parents *Lazhar & Hanan*** Pour leurs efforts et leurs sacrifices durant toute ma vie, leurs encouragements pour aller en avant et qui m'ont donné tout leur amour.

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices qui ont déployé pour mon éducation

Que dieu les protège, Quoi que je fasse ou que je dise, Je ne pourrai jamais remercier mes parents correctement.



**Mes frères *Koussai, Fadi & Achraf*** qui m'ont encouragé à aller de l'avant ma gratitude et mon profond respect,

**A mes grands-parents**, et tous les membres de ma belle-famille, surtout ma chère tante maternelle *Nihed*, je les remercie pour être restés à mes côtés.



**A tous mes amis** précisément *Amel & Rayenne* Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études, Veuillez trouver ici l'expression de mes profonds sentiments de respect et Reconnaissance

Une spéciale dédicace à ma magnifique copine et merveilleuse **binôme** qui compte énormément pour moi ♥ *Nihad* ♥

***Ghada Rima***



# Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect, je dédie ma remise de diplôme

À Celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, à mon support qui était toujours à mes côtés pour m'encourager, à mon prince papa.

À la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune qui allumer mon chemin, ma moitié maman.

À mes deux frères « Fateh » et « Firas », aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour qui j'ai pour vous.

À ma belle cousine « Maroua », merci pour ta gentillesse, ton soutien et ton amour.

À mes collègues « Maroua » et « Malek », je vous remercie pour vos amitiés, et je souhaite tout le bonheur du monde.

Sans oublier mon binôme « Ghada » pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension, tu as été ma source d'inspiration et de motivation tout au long de ce projet.

Enfin, à tout ce qui a participé à ma réussite et à tous qui m'aiment.

**Nihad**



# Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| Remerciements  |           |
| Table des matières                                       |           |
| Liste des figures  |           |
| Liste des tableaux                                       |           |
| Liste des abréviations                                   |           |
| <b>Introduction</b> .....                                | <b>01</b> |
| <b>1- Revue bibliographique</b> .....                    | <b>03</b> |
| 1.1- Historique sur le genre <i>Iris</i> .....           | <b>03</b> |
| 1.2- <i>Iris unguicularis</i> .....                      | <b>03</b> |
| 1.2.1- Description de l'espèce.....                      | <b>03</b> |
| 1.2.2- Répartition géographique.....                     | <b>04</b> |
| 1.2.3- Utilisation de la plante.....                     | <b>05</b> |
| 1.3- Les métabolites secondaires .....                   | <b>05</b> |
| 1.3.1- Les phénols .....                                 | <b>05</b> |
| 1.3.1.1- Les acides phénoliques.....                     | <b>07</b> |
| 1.3.1.2- Les flavonoïdes .....                           | <b>07</b> |
| 1.3.1.3- Les tanins.....                                 | <b>07</b> |
| 1.3.1.4- Les quinones.....                               | <b>08</b> |
| 1.3.2- Les alcaloïdes.....                               | <b>08</b> |
| 1.3.3- Les terpénoïdes.....                              | <b>08</b> |
| 1.3.4- Les saponines.....                                | <b>09</b> |
| 1.4- Activités biologiques .....                         | <b>09</b> |
| 1.4.1- Activité antioxydants.....                        | <b>09</b> |
| 1.4.2- Activité antimicrobienne.....                     | <b>09</b> |
| 1.4.2.1- Activité antibactérienne .....                  | <b>10</b> |
| 1.4.2.2- Activité antifongique.....                      | <b>10</b> |
| 1.5- Généralité sur les micro-organismes pathogènes..... | <b>10</b> |
| 1.5.1- Les bactéries.....                                | <b>10</b> |
| 1.5.1.1- <i>Escherichia coli</i> .....                   | <b>11</b> |
| 1.5.1.2- <i>Staphylococcus aureus</i> .....              | <b>12</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.5.1.3- <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....          | 13        |
| 1.5.1.4- <i>Bacillus</i> .....                        | 15        |
| 1.5.2- Les champignons.....                           | 16        |
| 1.5.2.1- <i>Candida albicans</i> .....                | 16        |
| 1.5.2.2- <i>Aspergillus niger</i> .....               | 17        |
| 1.5.2.3- <i>Fusarium sp.</i> .....                    | 19        |
| 1.6- Antibiothérapie.....                             | 20        |
| 1.6.1- Les antibiotiques.....                         | 20        |
| 1.6.2- Mode d'action des antibiotiques.....           | 20        |
| 1.6.2.1- Action sur la paroi.....                     | 21        |
| 1.6.2.2- Action sur la membrane plasmique.....        | 21        |
| 1.6.2.3- Action sur la synthèse de la protéine.....   | 21        |
| 1.6.2.4- Action sur les acides nucléiques.....        | 21        |
| 1.6.3- Résistance bactériennes aux antibiotiques..... | 21        |
| 1.6.4- Synergie avec les antibiotiques.....           | 22        |
| <b>2-Matériels et méthodes</b> .....                  | <b>23</b> |
| 2.1. Matériel végétale .....                          | 23        |
| 2.2. Extraction par macération.....                   | 24        |
| 2.3. Calcul de rendement.....                         | 25        |
| 2.4. Screening phytochimique.....                     | 26        |
| 2.4.1. Détection des tanins.....                      | 26        |
| 2.4.2. Détection des alcaloïdes.....                  | 26        |
| 2.4.3. Détection des saponosides.....                 | 26        |
| 2.4.4. Détection des flavonoïdes.....                 | 26        |
| 2.4.5. Détection des glycosides.....                  | 26        |
| 2.4.6. Détection des quinones.....                    | 27        |
| 2.4.7. Détection des stérols.....                     | 27        |
| 2.4.8. Détection des Anthocyanines.....               | 27        |
| 2.5. Dosage colorimétrique des composants.....        | 27        |
| 2.5.1. Dosage des polyphénols.....                    | 27        |
| 2.5.2. Dosage des flavonoïdes.....                    | 28        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.6-Activités biologiques.....   | 28        |
| 2.6.1- Activité antioxydant.....   | 28        |
| 2.6.2- Etude de l'activité antimicrobienne.....                                    | 30        |
| 2.6.2.1- L'évaluation de l'activité antibactérienne.....                           | 30        |
| 2.6.2.2- L'évaluation de l'activité antifongique.....                              | 32        |
| 2.6.3 - Etude de l'effet de combinaison entre l'extrait et les antibiotiques ..... | 33        |
| <b>3-Résultat et discussion.....</b>   | <b>35</b> |
| 3.1- Rendement d'extraction des rhizomes.....                                      | 35        |
| 3.2- Screening phytochimique .....   | 36        |
| 3.3- Dosage colorimétrique des composants.....                                     | 39        |
| 3.3.1- Dosage des polyphénols totaux.....  | 39        |
| 3.3.2- Dosage des flavonoïdes totaux.....  | 40        |
| 3.4- Activités biologiques.....  | 41        |
| 3.4.1- Activité antioxydant.....   | 41        |
| 3.4.2- Evaluation de l'activité antimicrobienne .....                              | 43        |
| 3.4.2.1- Activité antibactérienne.....   | 43        |
| 3.4.2.2- Activité antifongique.....  | 46        |
| 3.4.3- Effet du test de la combinaison de l'extrait et antibiotiques.....          | 48        |
| <b>4-Conclusion et perspectives .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>5-Références bibliographique .....</b>  | <b>52</b> |
| Annexes  |           |
| Abstract   |           |
| الملخص   |           |
| Résumé   |           |

## Liste des figures

| N°               | Titre   | Page      |
|------------------|---|-----------|
| <b>Figure 01</b> | Rhizomes d' <i>Iris unguicularis</i>  | <b>04</b> |
| <b>Figure 02</b> | <i>Iris unguicularis</i>  | <b>04</b> |
| <b>Figure 03</b> | La structure chimique des différents types de flavonoïdes   | <b>07</b> |
| <b>Figure 04</b> | Structure générale des bactéries  | <b>10</b> |
| <b>Figure 05</b> | Observation microscopique et macroscopique d' <i>Escherichia coli</i>   | <b>12</b> |
| <b>Figure 06</b> | Observation microscopique et macroscopique de <i>Staphylococcus aureus</i>  | <b>13</b> |
| <b>Figure 07</b> | Observation microscopique et macroscopique de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>   | <b>15</b> |
| <b>Figure 08</b> | Observation macroscopique de <i>Bacillus subtilis</i>   | <b>16</b> |
| <b>Figure 09</b> | Observation microscopique et macroscopique de <i>Candida albicans</i>   | <b>17</b> |
| <b>Figure 10</b> | Observation microscopique et macroscopique d' <i>Aspergillus niger</i>  | <b>18</b> |
| <b>Figure 11</b> | Observation microscopique de <i>Fusarium sp</i>   | <b>20</b> |
| <b>Figure 12</b> | Mode d'action des antibiotiques   | <b>21</b> |
| <b>Figure 13</b> | La plante <i>Iris unguicularis</i> dans la nature   | <b>23</b> |
| <b>Figure 14</b> | Préparation de matériel végétale pour l'extraction  | <b>24</b> |
| <b>Figure 15</b> | étape d'agitation magnétique de la poudre végétale  | <b>24</b> |
| <b>Figure 16</b> | Filtration d'extrait  | <b>25</b> |
| <b>Figure 17</b> | évaporation avec un rota-vapeur   | <b>25</b> |
| <b>Figure 18</b> | Réduction du radical DPPH   | <b>29</b> |
| <b>Figure 19</b> | repiquage des souches bactériennes étudiées ; <b>a</b> : <i>Escherichia coli</i> , <b>b</b> : <i>Staphylococcus aureus</i> , <b>c</b> : <i>Bacillus subtilis</i> , <b>d</b> : <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | <b>31</b> |
| <b>Figure 20</b> | préparation des dilutions d'extraits étudiés ; <b>a</b> : extrait des rhizomes séchés à 60°<br>C, <b>b</b> : extrait des rhizomes séchés à l'air libre  | <b>32</b> |
| <b>Figure 21</b> | cultures jeune des champignons ; <b>a</b> : <i>Aspergillus niger</i> , <b>b</b> : <i>Candida albicans</i> ,<br><b>c</b> : <i>Fusarium sp</i>  | <b>33</b> |
| <b>Figure 22</b> | Test de synergie par combinaison d'extrait et antibiotique  | <b>34</b> |
| <b>Figure 23</b> | Courbe d'étalonnage d'acide gallique ( $\lambda=765$ nm)  | <b>39</b> |
| <b>Figure 24</b> | Courbe d'étalonnage de la quercétine ( $\lambda=415$ )  | <b>40</b> |
| <b>Figure 25</b> | Courbe des pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction de la<br>Concentration d'extrait des rhizomes séchés à l'air libre   | <b>42</b> |
| <b>Figure 26</b> | Courbe des pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction de la<br>Concentration d'extrait des rhizomes séchés à 60°C  | <b>42</b> |

## Liste des tableaux

| N°         | Titre   | Page |
|------------|---|------|
| Tableau 01 | classification taxonomique de l' <i>Iris unguicularis</i>   | 04   |
| Tableau 02 | la structure chimique des quelques composées phénoliques  | 06   |
| Tableau 03 | Différentes classes des terpénoïdes   | 09   |
| Tableau 04 | Rendement des extraits des rhizomes d' <i>Iris unguicularis</i>   | 35   |
| Tableau 05 | screening phytochimique des rhizomes d' <i>Iris unguicularis</i> (des deux extraits étudiés)  | 36   |
| Tableau 06 | Teneur en phénols totaux dans les deux extraits d' <i>Iris unguicularis</i>   | 39   |
| Tableau 07 | Teneur en flavonoïdes dans les deux extraits d' <i>Iris unguicularis</i>  | 41   |
| Tableau 08 | les valeurs d'IC50 déterminées par le piégeage du radicale DPPH   | 43   |
| Tableau 09 | Zones d'inhibition de la plante <i>Iris unguicularis</i> ; extrait des rhizomes séchés à 60°C, extrait des rhizomes séchés à l'air libre, Ciprofloxacine et DMSO (Témoins) ; sur les souches bactériennes           | 44   |
| Tableau 10 | Diamètres (mm) des zones d'inhibition de la croissance bactérienne par l'extrait des rhizomes séchés à 60°C, l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre d' <i>Iris unguicularis</i> , le ciprofloxacine et le DMSO | 45   |
| Tableau 11 | Zones d'inhibition de la plante <i>Iris unguicularis</i> ; extrait des rhizomes séchés à 60°C, extrait de rhizomes séchés à l'air libre et DMSO (T) sur les souches fongiques                                       | 47   |
| Tableau 12 | Diamètres des zones d'inhibitions (mm) de la combinaison des deux extraits d' <i>Iris unguicularis</i> avec les antibiotiques tests   | 48   |

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage.

**[C]** : Concentration.

**°C** : Degré Celsius.

**µg** : microgramme.

**µl** : Microlitre.

**µm** : micromètre.

**ADN** : Acide désoxyribonucléique.

**AlCl** : Trichlorure d'aluminium.

**ARN** : Acide ribonucléique.

**ARNm**: Acides Ribonucléique messenger.

**ATB** : Antibiotique.

***B. subtilis*** : *Bacillus subtilis*.

**CIP** : ciprofloxacine.

**cm** : Centimètre.

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice.

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde.

**DO** : Densité optimale.

**DPPH** : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

***E. coli*** : *Escherichia coli*.

**EAG** : Equivalent acide gallique.

**EQ** : Equivalent quercétine.

**FEP** : CEFEPIME.

**g** : Gramme.

**GN** : Gélose nutritive.

**h** : Heurs.

**HCl** : Chlorure d'hydrogène.

**IC50** : Concentration inhibitrice à 50 %.

**mg** : Milligramme.

**MH** : Miller Hinton.

**min** : Minute.

**ML**: Millimètre.

**Mm**: Millimètre.

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**: Carbonate de sodium.

**NaNO<sub>2</sub>** : Nitrite de sodium.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**Nm** : Nanomètre.

***P. aeruginosa*** : *Pseudomonas aeruginosa*.

**PDA** : Potato dextrose agar.

**PI** : Pourcentage d'inhibition.

**PLP** : Protéines liant la pénicilline.

***S. aureus*** : *Staphylococcus aureus*.

# **Introduction**

### Introduction

Au cours des cinquante dernières années, les antibiotiques ont joué un rôle crucial dans la lutte contre de nombreuses maladies et infections et leur développement a révolutionné le traitement de ces maladies (**Boukhatem, 2013**). Cependant, l'administration répétée d'antibiotiques par le corps humain cause une augmentation de la résistance bactérienne (**Mahimoud et Kemmouche, 2023**). La résistance accrue des bactéries aux antibiotiques est un grave problème mondial qui a poussé la recherche vers la découverte de nouvelles biomolécules à activité antibactérienne (**Mahimoud et Kemmouche, 2023**).

Parmi ces substances, les métabolites secondaires qui se sont surtout illustrées en médecine traditionnelle. De nombreux chercheurs ont étudié l'activité biologiques des plantes ; ils ont trouvé que les extraites sont des composés actifs a une activité antimicrobiennes (**Hellal, 2011**) et un pouvoir antioxydants (**Rahila et al., 2022**).

La médecine traditionnelle et/ou la phytothérapie est une pratique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnelles et/ou certains états au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations de plantes (**Wichtl, 2003**) dont au moins une partie possède des propriétés particulières bénéfiques et médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques ou de la synergie entre les différents composés présents (**Sanago, 2006**). Selon l'OMS, près de 6377 espèces de plantes sont utilisées en Afrique, dont plus de 400 sont des plantes médicinales qui constituent 90% de la médecine traditionnelle. L'OMS s'inscrivant l'Algérie dans le cadre de la médecine traditionnelle.

L'Algérie est un pays très riche par sa biodiversité et son climat. Il constitue une plateforme géographique très importante qui est une ressource naturelle dispose d'une flore singulièrement riche et variée. Environ 3 000 espèces de plantes, dont 15% sont endémiques et appartenant à plusieurs familles botaniques. Cette richesse spécifique est associée à une originalité sur le plan phytochimique et sur le plan propriétés biologiques.

Parmi les plantes endémiques algérienne on s'intéresse dans cette étude à *Iris unguicularis*. C'est une espèce endémique au bassin méditerranéen (**Stéphane, 2021**), utilisée en médecine traditionnelle comme astringent, anti-inflammatoire, diurétique, tonique. Ainsi, cette plante a une bonne efficacité contre les infections bactériennes et virales, à cause de sa richesse en métabolites secondaires surtout les polyphénols totaux et les flavonoïdes totaux (**Wang et al., 2010 ; Bensari, 2021**). D'autres méthodes (Alternatives) de traitement antimicrobien, consiste à faire une combinaison entre les antibiotiques et les extraits de plantes. Grace à ces

associations, une capacité à résoudre des résistances a été développée, afin de restaurer la sensibilité à certains antibiotiques (**Hemaiswarya et al., 2008**).

Généralement, les plantes médicinales sont rarement utilisées à l'état frais. Le séchage est le procédé le plus utilisé pour conserver ces plantes, c'est la méthode anciennement pratiquée et la plus répandue dans les pays à climat chaud et sec par séchage au soleil et à l'ombre. Il est donc nécessaire de concevoir une nouvelle forme de séchage qui permette d'augmenter la disponibilité des principes actifs dans la plante par un séchage (**Zbala et Belarbi, 2018**).

De ce fait les objectifs assignés à ce travail consistent à étudier l'effet de mode de séchage sur la qualité chimique et les activités biologiques de l'extrait hydro éthanolique des rhizomes de la plante endémique Algérienne *Iris unguicularis*. Deux différentes conditions de séchage sont appliquées, ainsi, la détermination de l'effet de la combinaison extrait/antibiotique est étudiée. Ce travail se considère comme étude première concernant ce contexte.

Notre manuscrit est divisé en deux principales parties qui sont la synthèse bibliographique et la partie expérimentale.

- La première partie qui comprend une étude botanique de l'espèce *Iris unguicularis*, les métabolites secondaires, les différentes activités biologiques des extraits naturels et l'antibiothérapie.
- La partie expérimentale quant à elle regroupe la présentation du matériel végétal (localisation, collecte et extraction) suivi des méthodes employées pour les investigations phytochimique et biologiques sur l'extrait. Enfin, la partie résultats et discussion qui consacre à l'explication des résultats qui sont discutés avec ceux édités dans la littérature.

Notre travail sera finalisé par une conclusion qui mettra en avant l'essentiel de nos résultats avec des perspectives.

**Revue**

**bibliographique**

## 1- Revue bibliographique

### 1.1- Historique sur le genre *Iris*

Les *Iris* sont des plantes vivaces à rhizome (type iris de jardin) et il existe plus de 200 variétés de couleurs différentes. Le terme "*Iris*" provient du grec et signifie "arc-en-ciel". Ces plantes se trouvent dans le monde entier (**Flora Queen, 2023**).

Les Grecs pensaient que l'*Iris* était le lien entre la terre et le ciel, la messagère des Dieux. De même, dans l'Égypte antique, les iris apparaissent dans les peintures des pyramides, où elles sont associées au Dieu faucon, symbole du soleil (**Flora Queen, 2023**).

Au fil des temps, l'importance des *Iris* a évolué, passant de symboles culturels à objets d'étude scientifique. Cependant, ce n'est qu'au XVIIIe siècle que Karl Von Linné, naturaliste suédois (1707-1778), a classé scientifiquement de nombreuses espèces d'iris. Aujourd'hui, les *Iris* de jardin sont classés en deux catégories : une classification botanique (naturelle) et une classification horticole (hybridations d'origine humaine) (**La Petite Boutique Verte, 2023**).

### 1.2- *Iris unguicularis*

#### 1.2.1- Description de l'espèce

*Iris unguicularis* est une plante endémique xérophile (qui n'aime pas les zones chaudes et sèches). Elle est rhizomateuse (**figure1**) avec 4 à 6 feuilles en forme de glaive, vert vif, minces, linéaires et longues de 50 à 60 cm (**Le jardin de Picvert, 2024**).

Les fleurs de cette plante sont légèrement parfumées, de grande taille (5-8 cm de diamètre), persistent en hiver et fleurissent pendant plusieurs semaines. Elles sont de couleur bleu-mauve lilas avec des touches de jaune (**figure2**) (**Société nationale d'horticulture de France, 2019**).

Les fleurs comportent trois grands tépales extérieurs ou sépales horizontaux, et trois tépales intérieurs ou pétales dressés, avec une extrémité retombant vers le centre, opposée aux tépales externes (**Bensari, 2021**).



**Figure 1 :** Rhizomes d'*Iris unguicularis*



**Figure 2 :** *Iris unguicularis*

**Tableau 1:** classification taxonomique de l'*Iris unguicularis* (Bensari, 2021)

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| <b>Domaine</b> | <i>Biota</i>        |
| <b>Règne</b>   | <i>Plantae</i>      |
| <b>Ordre</b>   | <i>Asparagales</i>  |
| <b>Famille</b> | <i>Iridaceae</i>    |
| <b>Genre</b>   | <i>Iris</i>         |
| <b>Espèce</b>  | <i>unguicularis</i> |

### 1.2.2- Répartition géographique

*Iris unguicularis* est une espèce endémique du bassin méditerranéen (Stéphane, 2021), présente de l'Algérie à la Grèce, en passant par la Syrie et la Turquie (Guellier, 2024).

*Iris* d'Alger offre une floraison généreuse et colorée au cœur de l'hiver, généralement entre janvier et février jusqu'à la fin de mars (**Stéphane, 2021**).

Cette espèce peut être plantée toute l'année en plein soleil, dans des sols légers, fertiles et très bien drainés (**Alejandro, 2020**), ainsi que dans les zones rocailleuses et les terres calcaires, voire caillouteuses (**Stéphane, 2021**).

### **1.2.3- Utilisation de la plante**

On utilise principalement la partie souterraine de l'*Iris* dans la médecine traditionnelle pour soulager les douleurs dentaires, traiter les infections bactériennes et les maladies du système respiratoire (**Bensari, 2021**). Outre ces utilisations, les rhizomes sont également utilisés comme anti-inflammatoires, antiviraux et cicatrisants (**Kukula-Koch et al., 2015**).

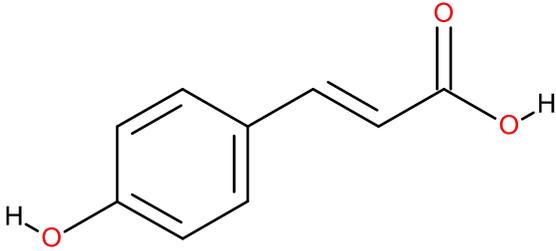
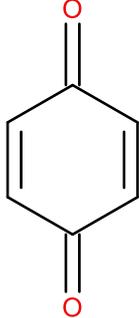
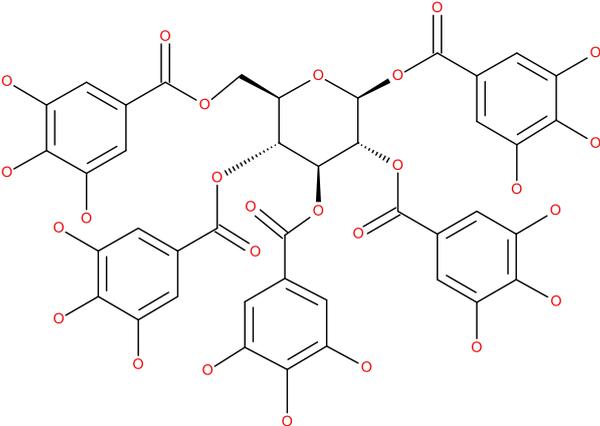
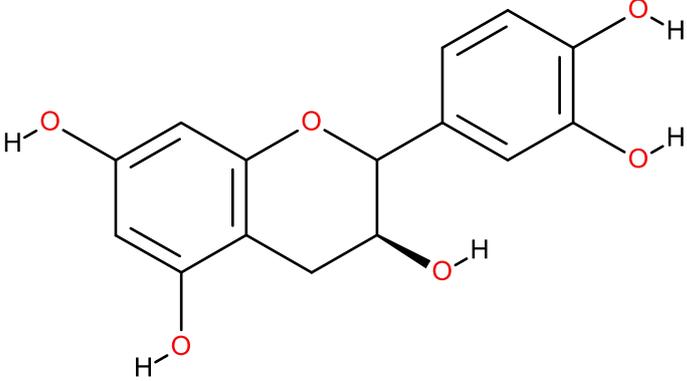
## **1.3- Métabolites secondaires**

### **1.3.1- Polyphénols**

Les polyphénols sont des métabolites secondaires synthétisés par les plantes (**Belgacem et Hemideche, 2023**). Ils se caractérisent par la présence d'un noyau benzénique auquel est attaché un groupement hydroxyle libre ou lié à une fonction ester, éther ou hétéroside. Ces noyaux peuvent être synthétisés soit par la voie du shikimate, soit par la voie acétate (**Benckekhchoukh et Doubal, 2021**).

Les polyphénols peuvent être classés en plusieurs catégories sur la base de leur structure, notamment les acides phénoliques, les tanins, les flavonoïdes, les quinones et les xanthones (**Marref, 2018**). Le **tableau 2** illustre la structure chimique de ces composés phénoliques.

Tableau 2 : la structure chimique des quelques composées phénoliques (Fardes, 2018)

| Composées phénoliques | Structure chimique  |
|-----------------------|---|
| Acide phénolique      |  <chem>Oc1ccc(cc1)/C=C/C(=O)O</chem>  |
| Quinone               |  <chem>O=C1C=CC(=O)C=C1</chem>  |
| Tanins                |  <chem>O=C(Oc1cc(O)c(O)c1)OC[C@H]2O[C@@H](OC(=O)c3cc(O)c(O)c3)[C@H](OC(=O)c4cc(O)c(O)c4)[C@@H](OC(=O)c5cc(O)c(O)c5)[C@H](O)[C@H]2O</chem> |
| Flavonoïde            |  <chem>Oc1ccc(O)c(O)c1[C@@H]2[C@@H](O)CC[C@H]3c(O)c(O)c(O)c3O2</chem>   |

### 1.3.1.1- Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés organiques qui se divisent en deux classes principales : les dérivés de l'acide benzoïque, connus sous le nom d'acides hydroxybenzoïques, et les dérivés de l'acide cinnamique, appelés acides hydroxycinnamiques (Benramdane et Laetitia, 2016).

### 1.3.1.2- Flavonoïdes

Ce sont des pigments végétaux responsables de la coloration des parties de la plante (fleurs, feuilles, fruits). Leur structure est basée sur un squelette C<sub>15</sub> (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>) constitué de deux cycles benzéniques A et B liés à un hétérocycle oxygéné C (Benabied *et al.*, 2022). Il existe différentes classes structurales de flavonoïdes en fonction des modifications de l'hétérocycle C (Figure 3).

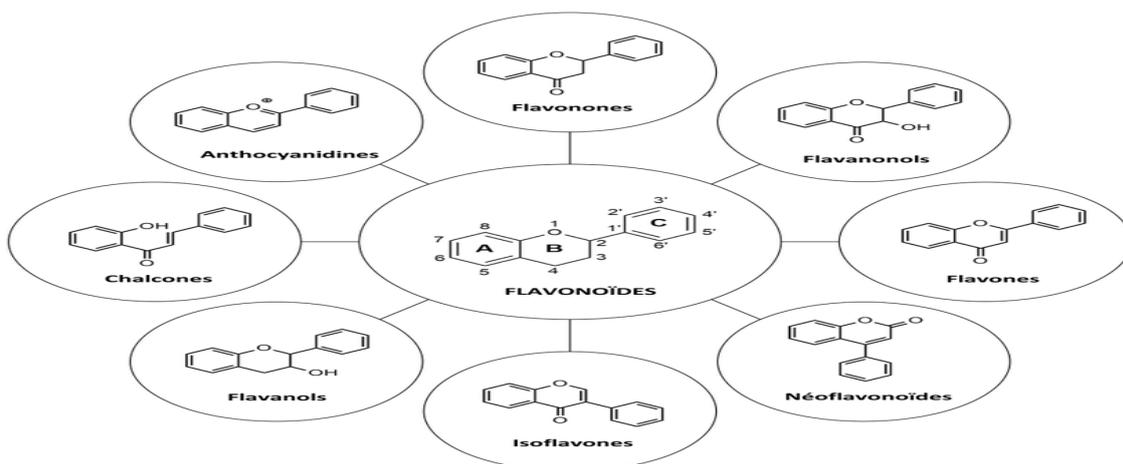


Figure 3 : structure chimique des différents types de flavonoïdes (Pauline, 2019)

### 1.3.1.3- Tanins

Les tanins sont constitués d'unités monomériques répétitives, variables par leurs centres asymétriques et leur degré d'oxydation (Belgacem et Hemideche, 2023). On distingue :

- **Tanins hydrolysables**

Ils comprennent une molécule de sucre (glucose) estérifiée par l'acide gallique. Ils peuvent s'hydrolyser sous l'action enzymatique ou chimique (Haioun et Hamoud, 2015).

- **Tanins condensés**

Ils sont des produits de la polymérisation de flavan-3-ols et ne sont pas hydrolysables (**Krief, 2003**).

#### **1.3.1.4- Quinones**

Ce sont des produits de l'oxydation de dérivés aromatiques, présentant des motifs tel que le 1,4-dicétocyclohexa-2,5-diéniq ou 1,2-dicétocyclohexa-3,5- diéniq. Ils se conjuguent aux doubles liaisons d'un noyau benzénique (benzoquinones) ou à celles d'un système aromatique polycyclique condensé comme le naphthalène (naphtoquinones), l'anthracène (anthraquinones) et la naphtodianthrène (naphtodianthrone) (**Benabied et al., 2022**).

#### **1.3.2- Alcaloïdes**

Les alcaloïdes sont des composés organiques végétaux hétérocycliques de structure complexe, contenant un atome d'azote (**Donatien, 2009**). Ils peuvent être classés selon leur structure en alcaloïdes vrais, pseudo-alcaloïdes et proto-alcaloïdes (**Belgacem et Hemideche, 2023**).

- **Alcaloïdes vrais**

Ils sont biosynthétiquement formés à partir d'un acide aminé et comprennent un atome d'azote inclus dans un hétérocycle (**Kaddouri et Dellal, 2023**).

- **Pseudo-alcaloïdes**

Ils partagent les mêmes caractéristiques que les alcaloïdes vrais, mais ne dérivent pas des acides aminés (**Kaddouri et Dellal, 2023**).

- **Proto-alcaloïdes**

Ils dérivent des acides aminés, mais l'azote est situé en dehors des structures hétérocycliques (**Kaddouri et Dellal, 2023**).

#### **1.3.3- Terpénoïdes**

Les terpénoïdes sont des composés dérivés de la condensation d'unités de base à cinq carbones appelées isoprènes (**Bencheikhchoukh et Doubal, 2021**). Le nombre d'unités isopréniques définit les différentes classes de terpènes (**tableau 3**).

**Tableau 3** : Différentes classes des terpénoïdes (Benchekhchoukh et Doubal, 2021)

| Nom               | Nombre d'unités d'isoprène | Formule générale                              |
|-------------------|----------------------------|---|
| Hémiterpenoides   | 1                          | C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>                 |
| Monoterpenoides   | 2                          | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>               |
| Sesquiterpenoides | 3                          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>               |
| Diterpenoides     | 4                          | C <sub>20</sub> H <sub>32</sub>               |
| Sesterpenoides    | 5                          | C <sub>25</sub> H <sub>40</sub>               |
| Triterpenoides    | 6                          | C <sub>30</sub> H <sub>48</sub>               |
| Tetraterpenoides  | 8                          | C <sub>40</sub> H <sub>64</sub>               |
| Polyterpenoides   | 8                          | (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>n</sub> |

### 1.3.4- Saponines

Le nom saponine dérive du mot latin "*sapo*", signifiant "savon" en référence à leurs propriétés de formation de solutions moussantes en présence d'eau (Haioun et Hamoud, 2015). Ce sont des hétérosides composés d'une partie aglycone (lipophile) et d'une partie osidique (hydrophile) (Marref, 2018).

## 1.4- Activités biologiques

### 1.4.1- Activité Antioxydante

La progression des pathologies chroniques telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et inflammatoires est causée par les radicaux libres, des molécules qui manquent d'électrons et les volent aux cellules (Rahila et al., 2022). Les antioxydants sont des molécules capables de neutraliser ces radicaux libres grâce à leurs groupes hydroxy-phénoliques, piégeant ainsi les radicaux libres (Douichine et al., 2022). Les extraits de plantes contiennent des composés bioactifs dotés de puissantes capacités antioxydantes. Ils sont non toxiques pour la santé humaine et sont capables de réduire le stress oxydatif (Rahila et al., 2022).

### 1.4.2- Activité antimicrobiennes

De nombreux chercheurs ont étudié l'activité antimicrobienne des plantes et ont trouvé que ces extraits contiennent des composés actifs efficaces contre une large gamme de bactéries, levures et champignons (Hellal, 2011).

#### 1.4.2.1- Activité antibactérienne

La thérapeutique des infections bactériennes repose principalement sur l'utilisation d'antibiotiques, responsables de l'émergence préoccupante de la multirésistance bactérienne (Ben Abdallah et al., 2019). Face à cette résistance croissante, il est crucial de développer de nouvelles alternatives efficaces pour combattre ces infections (Douichine et al., 2022). Les plantes représentent une source majeure de médicaments grâce à la diversité de leurs métabolites secondaires, qui présentent une activité antibactérienne à large spectre (Douichine et al., 2022).

#### 1.4.2.2- Activité antifongique

Les champignons sont à l'origine de nombreuses maladies humaines connues sous le nom de mycoses. Plusieurs études ont démontré que les métabolites secondaires des plantes constituent des stratégies naturelles efficaces contre les champignons, en particulier en inhibant leur croissance ou la production de leurs mycotoxines (Daoudi et al., 2017).

### 1.5- Généralité sur les micro-organismes pathogènes

#### 1.5.1- Bactéries

Les bactéries sont des êtres vivants unicellulaires visibles au microscope, dépourvus de noyau et leur génome est constitué d'ADN, généralement sous forme d'un seul chromosome. Certaines bactéries peuvent être pathogènes chez l'homme (Figure4) (Guery et Mcirdi, 2005).

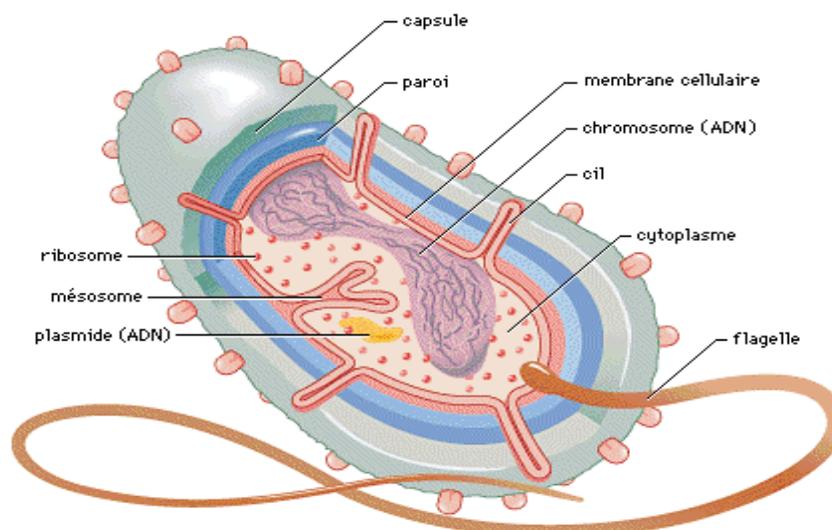


Figure 4: structure générale des bactéries (Guery et Mcirdi, 2005)

##### 1.5.1.1- *Escherichia coli*

- **Description**

*Escherichia coli* est un bacille à gram négatif, non sporulé, mobile grâce à des flagelles, de type aérobie facultatif. Sa longueur varie de 2 à 6 µm (Benabied et al., 2022). C'est une bactérie de forme fine et arrondie, qui se développe à 37°C sur des milieux gélosés en formant des colonies rondes, lisses avec des bords réguliers, d'un diamètre de 2 à 3 mm, et non pigmentées (Figure5) (Grosjean et Pasquier, 2009).

- **Habitat**

*Escherichia coli* est une bactérie commensale du tube digestif, étant l'espèce la plus dominante de la flore intestinale. Elle est utilisée comme indicateur de la présence de matière fécale dans l'eau (James et al., 2004).

- **Classification**

Selon Bergey's manual 2012

|                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| <b>Règne :</b>   | <i>Procaryotae</i>         |
| <b>Domaine :</b> | <i>Bacteria</i>            |
| <b>Phylum :</b>  | <i>Proteobacteria</i>      |
| <b>Classe :</b>  | <i>Gammaproteobacteria</i> |
| <b>Ordre :</b>   | <i>Enterobacteriales</i>   |
| <b>Famille :</b> | <i>Enterobacteriaceae</i>  |
| <b>Genre :</b>   | <i>Escherichia</i>         |
| <b>Espèce :</b>  | <i>coli</i>                |

- **Virulence et pathogénicité**

*Escherichia coli* est responsable d'infections extra-intestinales telles que les infections urinaires, abdominales, méningées néonatales et les septicémies avec choc septique. En ce qui concerne les infections intestinales, certaines souches d'*Escherichia coli* provoquent des diarrhées sporadiques ou épidémiques (Denis, 2000).



**Figure 5** : observation microscopique et macroscopique d'*Escherichia coli* (Kabir *et al.*, 2016 ; Berkmen *et al.*, 2016)

### 1.5.1.2- *Staphylococcus aureus*

- **Description**

Ce sont des cocci à gram positif, non sporulés, immobiles, regroupés en amas irréguliers de 0,5 à 1  $\mu\text{m}$  de diamètre. Ils sont aérobies facultatifs, avec un métabolisme respiratoire et fermentaire. Les colonies sont lisses, rondes, bombées et opaques, ayant un diamètre de 1 à 3 mm (figure 6) (Le Loir et Gautier, 2019).

- **Habitat**

*Staphylococcus aureus* est un germe ubiquitaire, présent dans le sol, l'air et l'eau. Son réservoir principal est l'homme et les animaux. Il est commensal de la peau et des muqueuses (Hallel, 2011).

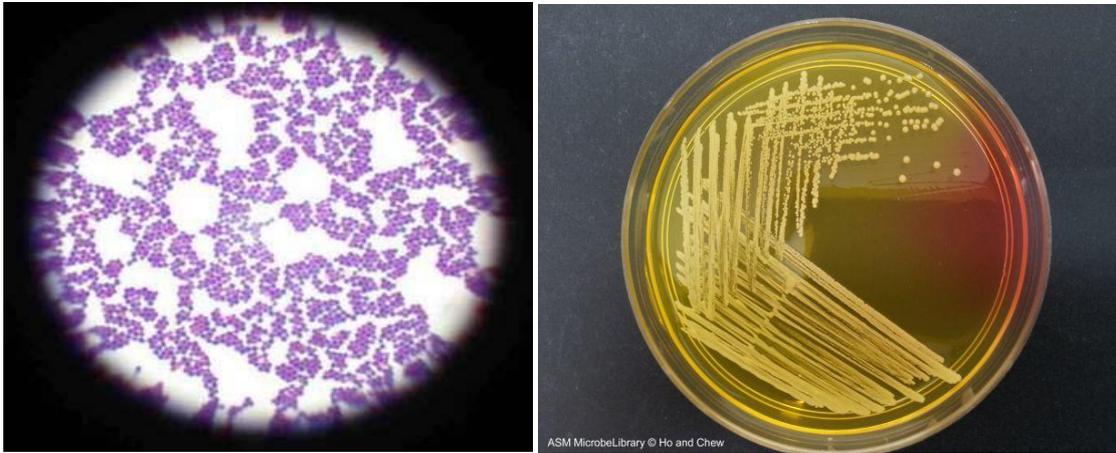
- **Classification**

Selon Bergey's manual 2012

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| <b>Règne :</b>   | <i>Prokaryotae</i>       |
| <b>Domaine :</b> | <i>Bacteria</i>          |
| <b>Phylum :</b>  | <i>Firmicutes</i>        |
| <b>Classe :</b>  | <i>Bacilli</i>           |
| <b>Ordre :</b>   | <i>Bacillales</i>        |
| <b>Famille :</b> | <i>Staphylococcaceae</i> |

**Genre :** *Staphylococcus*

**Espèce :** *aureus*



**Figure 6:** observation microscopique et macroscopique de *Staphylococcus aureus* (Ragab *et al.*, 2021 ; Aryal, 2022).

- **Virulence et pathogénicité**

On peut classer les infections à *Staphylococcus* en deux groupes :

- Les infections suppuratives dépendent de la prolifération du germe, et le patient guérit de l'infection après élimination de bactérie (Philippe, 2004).
- Les infections toxiques sont causées par une toxine sécrétée par *Staphylococcus* (Philippe, 2004).

### 1.5.1.3- *Pseudomonas aeruginosa*

- **Description**

*Pseudomonas aeruginosa* est un bacille à gram négatif, non sporulé, mobile grâce à 1 à 2 flagelles polaires. Sa longueur varie de 1 à 5 µm. Elle est strictement aérobie avec un métabolisme respiratoire et ne fermente jamais (Avril *et al.*, 2000). Cette bactérie peut se développer dans une large gamme de température, de 4 à 45°C. Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* sont polymorphes : elles peuvent être larges, bombées et irrégulières, ou petites, bombées et régulières. Elles sont souvent muqueuses, bombées et opaques, et pigmentées en vert en raison de la production de deux pigments : la pyocyanine et la pyoverdine (figure7) (Avril *et al.*, 2000).

- **Habitat**

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie saprophyte de l'environnement, parfois commensale du tube digestif chez l'homme et les animaux (**Kerr et Snelling, 2009**).

- **Classification**

Selon Bergey's manual 2012

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| <b>Règne :</b>         | <i>Bacteria</i>            |
| <b>Embranchement :</b> | <i>Prokaryota</i>          |
| <b>Division :</b>      | <i>Proteobacteria</i>      |
| <b>Classe :</b>        | <i>Gammaproteobacteria</i> |
| <b>Ordre :</b>         | <i>Pseudomonadales</i>     |
| <b>Famille :</b>       | <i>Pseudomonadaceae</i>    |
| <b>Genre :</b>         | <i>Pseudomonas</i>         |
| <b>Espèce :</b>        | <i>aeruginosa</i>          |

- **Virulence et pathogénicité**

*Pseudomonas aeruginosa* présente une faible virulence chez les individus normaux mais est très pathogène chez les sujets dont les moyens de défense sont affaiblis. Elle est responsable d'infections urinaires, pulmonaires et des infections post-blessures (**Nauciel et Vildé, 2005**).



**Figure 7:** observation microscopique et macroscopique de *Pseudomonas aeruginosa* (Mubbunu, 2023).

#### 1.5.1.4- *Bacillus*

- **Description**

*Bacillus* est un bacille à gram positif, sporulé, mobile, mesurant environ 1,4 µm de diamètre, regroupé en paires ou en chaînettes, et de type anaérobie facultatif. Les colonies de *Bacillus cereus* sont granuleuses et de couleur blanche. Cette bactérie est capable de produire plusieurs toxines (**figure8**) (Gouvernement du Canada, 2012).

- **Habitat**

Il se trouve généralement chez l'homme, les animaux, dans le sol, l'air et les aliments contaminés, notamment les produits d'origine lytique (Gouvernement de canada, 2012).

- **Classification**

Selon Bergey's manual 2012

**Règne :** *Bacteria*

**Embranchement :** *Firmicutes*

**Classe :** *Bacilli*

**Ordre :** *Bacillales*

**Famille :** *Bacillaceae*

**Genre :** *Bacillus*

- **Virulence et pathogénicité**

*Bacillus* responsable des toxi-infections, c'est un agent causal de la maladie syndrome de diarrhée, syndrome émétique et les infections opportuniste (**Gouvernement de canada, 2012**).



**Figure 8** : observation macroscopique de *Bacillus* (**Haque et al., 2020**).

### 1.5.2- Champignons

Les champignons, aussi appelés mycètes, sont des organismes eucaryotes unicellulaire ou pluricellulaires, dont la structure est similaire à celle des organismes végétaux. Ils sont des hétérotrophes et ne possèdent pas de chloroplastes (**Carip, 2008**).

#### 1.5.2.1- *Candida albicans*

- **Description**

*Candida albicans* est un champignon levuriforme blastospore, unicellulaire et oval, mesurant de 3 à 6  $\mu\text{m}$  de diamètre, incolore et non capsulées. C'est un organisme asexué, diploïde et hétérozygote (**Pasesport santé, 2023**). Les colonies de *candida* sont de couleur blanche-crème, lisses avec des bords nets (**figure9**) (**Marijon et al., 2020**).

- **Habitat**

Il est un microorganisme commensal de la flore microbienne chez l'homme et les animaux. Il est présent au niveau des muqueuses buccales, digestives et génitales, vivant en symbiose avec l'hôte (**Pasesport santé, 2023**).

- **Classification**

Selon Hamri et Brinis (2018)

**Règne :** *Champignons*

**Division :** *Eumycota*

**Classe :** *Blastomycete*

**Ordre :** *Moniliales*

**Famille :** *Moniliaceae*

**Genre :** *Candida*

**Espèce :** *albicans*

- **Virulence et pathogénicité**

*Candida* devient pathogène lorsqu'il ya un déséquilibre hormone ou immunitaire chez l'hôte entraînant ce qu'on appelle une candidose (Pasesport santé, 2023).



**Figure 9 :** observation microscopique et macroscopique de *Candida albicans* (Ghimire *et al.*, 2020).

### 1.5.2.2- *Aspergillus niger*

- **Description**

*Aspergillus* est un champignon pluricellulaire filamenteux, atteignant un diamètre de 4 à 5 cm. Il présente un mycélium septé et ramifié. Ses colonies sont de couleur noire (**figure10**) (Marijon *et al.*, 2020).

- **Habitat**

*Aspergillus niger* se développe sur la matière organique en conditions aérobies. Il est un contaminant sur divers substrat ; on le trouve dans le sol, sur la matière végétale et même dans les environnements marins, bien qu'il préfère les sols secs et chauds (Botton *et al.*, 1990).

- **Classification**

Selon Alexopoulos et Mims (1979)

**Règne:** *Mycètes*

**Embranchement:** *Amastigomycota*

**Sous-embranchement:** *Deuteromycotina*

**Classe:** *Deutoromycètes*

**Ordre:** *Moniliales*

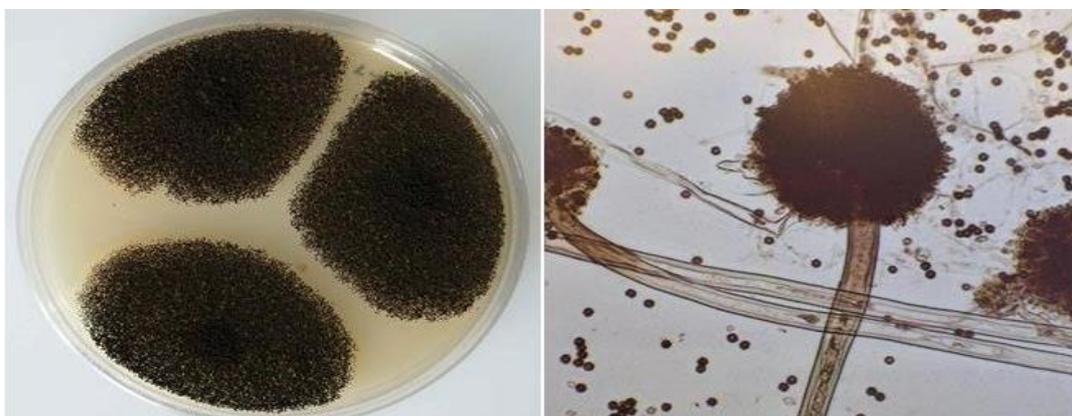
**Famille:** *Moniliaceae*

**Genre:** *Aspergillus*

**Espèce:** *niger*

- **Virulence et pathogénicité**

Les spores d'*Aspergillus*, présentes dans l'air, ciblent l'appareil broncho-pulmonaire par pénétration respiratoire. Elles sont responsables de plus de 80% des maladies aspergillaires chez l'homme (Institut Pasteur, 2021).



**Figure 10 :** observation microscopique et macroscopique d'*Aspergillus niger* (Basil *et al.*, 2021).

### 1.5.2.3- *Fusarium sp*

- **Description**

*Fusarium sp* est un champignon filamenteux de forme imparfaite (anamorphe), caractérisé par un mycélium septé fin, clair et frisé, de couleur rose saumon. Ses colonies sont hyalines, unicellulaires, sur conidiophore de 3 à 5 µm de diamètre (**figure11**) (**Mebark, 2016**).

- **Habitat**

*Fusarium sp* est un organisme saprophyte répandu dans la nature, persistant dans les habitats aquatiques, les sols, les résidus végétaux et la matière organique sous forme de chlamydospores (**Gupta et al., 2019**).

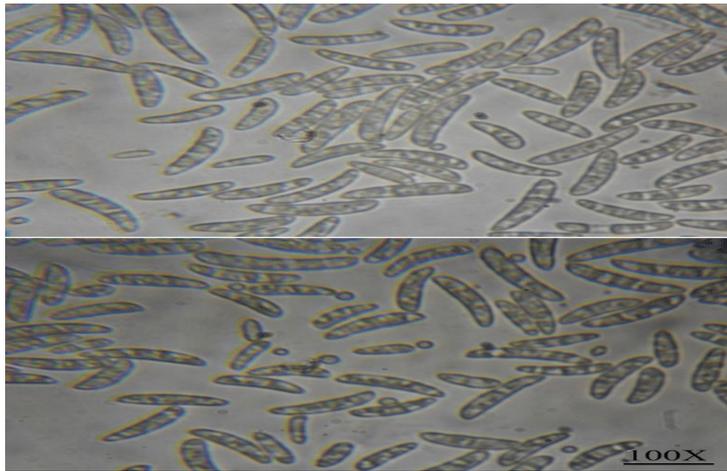
- **Classification**

Selon Debourgogne (2013)

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| <b>Règne:</b>       | <i>Fungi</i>             |
| <b>Division:</b>    | <i>Ascomycota</i>        |
| <b>Classe:</b>      | <i>Sordariomycetes</i>   |
| <b>Sous classe:</b> | <i>Hypocreomycetidae</i> |
| <b>Ordre:</b>       | <i>Hypocreales</i>       |
| <b>Famille:</b>     | <i>Nectriaceae</i>       |
| <b>Genre:</b>       | <i>Fusarium</i>          |

- **Virulence et Pathogénicité**

*Fusarium sp* est une espèce phytopathogène provoquant la fusariose, une maladie infectant les plantes qui sont essentielles pour la nutrition humaine et animale (**Hocquette et al., 2005 ; Askun, 2018**).



**Figure 11** : observation microscopique de *Fusarium sp* (Akhtar et al., 2017)

## **1.6- Antibiothérapie**

### **1.6.1- Antibiotiques**

Le mot antibiotique (du grec anti : « contre », et *bios* : « la vie ») désigne une substance d'origine naturelle ou synthétique, utilisée contre les infections bactériennes. Les antibiotiques possèdent la capacité de tuer les bactéries (effet bactéricide) ou d'inhiber leur multiplication (effet bactériostatique). Les premiers antibiotiques isolés, comme la pénicilline, étaient des substances naturelles produites par le champignon *Penicillium*. Par la suite, d'autres antibiotiques ont été obtenus par semi-synthèse (Vidal, 2009).

### **1.6.2- Mode d'action des antibiotiques**

Les antibiotiques agissent en ciblant des éléments spécifiques de la structure bactérienne, comme la paroi cellulaire, la membrane plasmique, les ribosomes ou les enzymes impliquées dans la réplication de l'ADN (figure12).

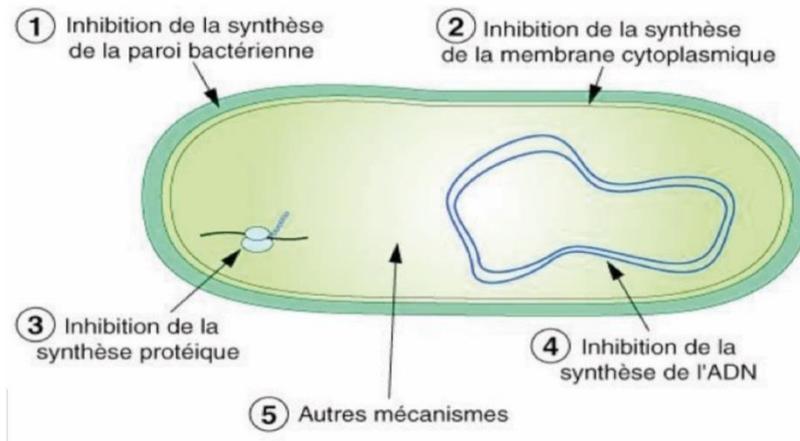


Figure 12 : Mode d'action des antibiotiques (Pascale, 2014)

### 1.6.2.1-Action sur la paroi

Les antibiotiques agissent en inhibant la synthèse du peptidoglycane en bloquant la formulation des ponts inter-peptidique via une interaction avec les PLP (protéines liant la pénicilline). Parmi ces antibiotiques, on trouve les  $\beta$ -lactamines (El boujnouni, 2020).

### 1.6.2.2- Action sur la membrane plasmique

La famille des polypeptides agit avec une action bactéricide, s'insérant entre les phospholipides membranaires pour perturber la perméabilité de la membrane bactérienne, entraînant ainsi la mort cellulaire (El boujnouni, 2020).

### 1.6.2.3- Action sur la synthèse de la protéine

Les antibiotiques bloquent la fonction du ribosome en se fixant sur l'une des deux sous-unités ribosomales (30S et 50S), ce qui inhibe la formation de la chaîne polypeptidique (El boujnouni, 2020).

### 1.6.2.4-Action sur les acides nucléiques

Les rifamycines bloquent la formation de la chaîne d'ARNm après leur liaison à l'ARN polymérase (El boujnouni, 2020). Les quinolones interagissent avec le complexe ADN/ADN gyrase et inhibent l'activité de l'enzyme impliquée dans cette réaction (El boujnouni, 2020).

## 1.6.3- Résistance bactériennes aux antibiotiques

La résistance aux antimicrobiens est une notion complexe et subjective. En effet, l'expression « résistance bactérienne aux antibiotiques » repose sur divers critères (génétiques, biochimiques, microbiologiques et cliniques) qui ne se recoupent pas nécessairement. La

plupart des définitions utilisées reposent sur les critères microbiologiques (résistance *in vitro*) et cliniques (résistance *in vivo*) (Muylaert et Mainil, 2012) .

Selon la définition microbiologique, une souche est dite résistante lorsqu'elle se développe en présence d'une concentration plus élevée d'antibiotiques par rapport à d'autres souches phylogénétiquement associées. La résistance est donc une caractéristique comparative, étudiée entre au moins deux souches, dont l'une de référence, souvent appelée souche sauvage, développée en laboratoire à partir d'individus prélevés dans la nature, d'une même espèce ou d'un même genre, cultivés dans les mêmes conditions (Muylaert et Mainil, 2012).

Cliniquement, une souche est considérée comme résistante lorsqu'elle survit à la thérapie antibiotique appliquée. Il est important de souligner que, *in vivo*, la résistance ou la sensibilité d'une souche à une thérapie antimicrobienne dépend de divers paramètres tels que la localisation de la bactérie, le dosage et le mode d'administration de l'antibiotique, et l'état du système immunitaire de l'individu traité (Muylaert et Mainil, 2012).

#### **1.6.4-Synergie avec les antibiotiques**

Des synergies entre les antibiotiques et les extraits de plantes ont été démontrées. Grâce à leur combinaison, il est possible de surmonter des résistances, de restaurer la sensibilité à certains antibiotiques et de réduire les doses et les effets secondaires des médicaments. Ces effets ont été observés *in vitro* pour divers mécanismes de résistance (Hemaiswarya *et al.*, 2008).

# **Matériel et méthodes**

## 2- Matériel et méthodes

Notre travail a été réalisé au niveau de l'université Constantine1-;en particulier laboratoire pédagogique de biologie végétale-faculté des sciences de la nature et de vie, et au laboratoire de Mycologie, biotechnologie et de l'activité microbienne (LAMYBAM) à CHAAB RSSAS.

Cette étude porte sur la détermination des compositions chimiques, et des activités biologique des extraits hydro-éthanolique des rhizomes de la plante endémique *Iris unguicularis* séchés dans deux différentes conditions. Ce travail se considère comme étude première concernant les rhizomes de la plante étudiée.

### 2.1- Matériel végétal

Le Matériel végétal étudié est constitué des parties souterraines (Rhizomes) de la plante *Iris unguicularis*. La récolte a été effectuée dans la région d'Ain Smara la wilaya de Constantine, en février 2024 (**figure13**).



**Figure 13** : la plante *Iris unguicularis* dans la nature.

- **Séchage**

Après un lavage et l'enlèvement des racines, les Rhizomes ont été coupés en tranches (4mm) puis séchés (**figure14**) par deux méthodes différentes (**Kashif et al., 2020**) :

- dans une étuve à 60° C pendant 19 heures.
- à l'air libre, à température ambiante et à l'abri de lumière durant 7 jours.

- **Broyage**

Les rhizomes ont été broyés à l'aide d'un moulin à café, puis tamisés pour obtenir une poudre.

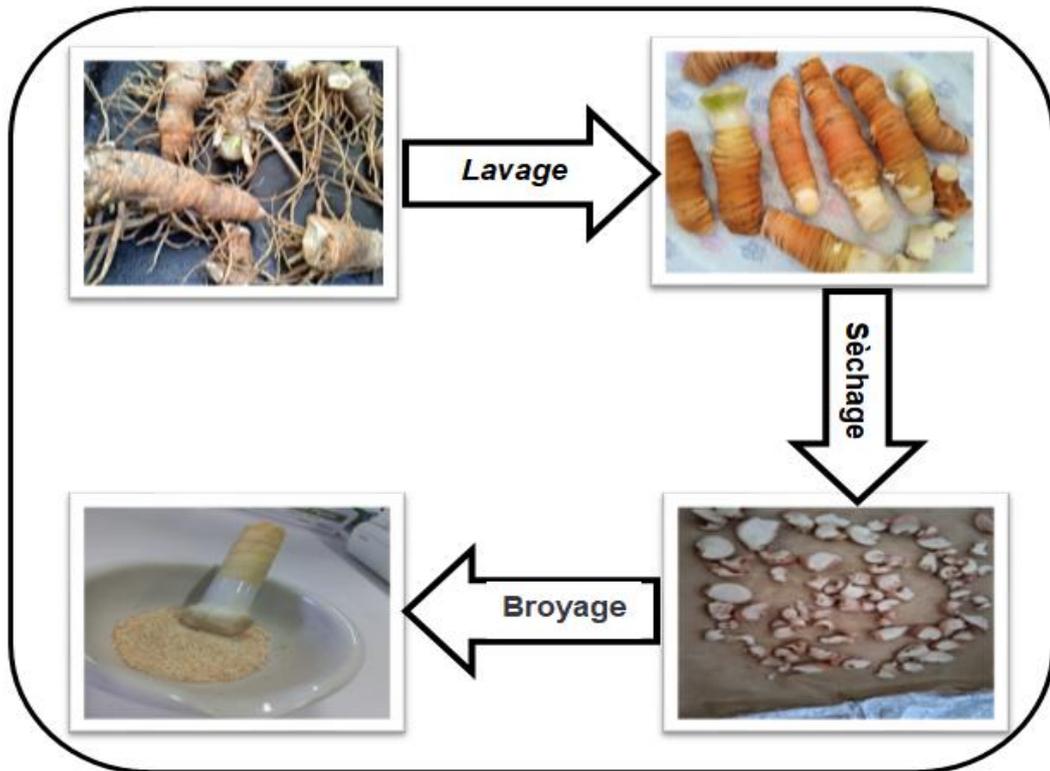


Figure 14 : préparation du matériel végétal pour l'extraction.

## 2.2- Extraction par macération

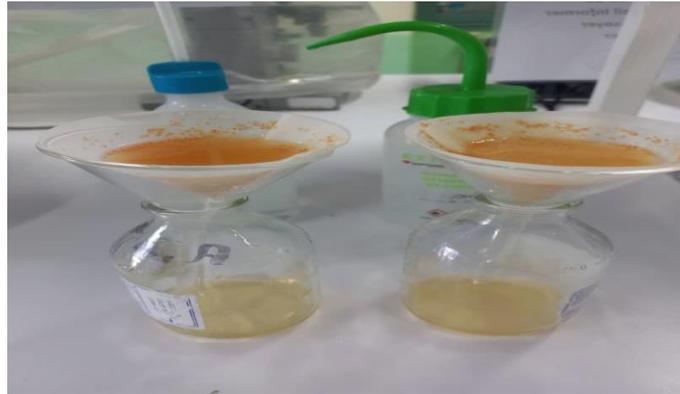
Selon le protocole décrit par Pacôme et Augustin (2018) :

- ❖ 10 g de la poudre végétale sont mis à macérer dans 100 ml de solution éthanol-eau (70:30) sous agitation magnétique pendant 24 heures à l'abri de la lumière et à température ambiante (figure15).



Figure 15 : étape d'agitation magnétique de la poudre végétale.

- ❖ Après une filtration, le résidu subi une deuxième et troisième macération dans les mêmes conditions afin d'extraire le maximum des métabolites secondaire (Figure16).



**Figure 16** : filtration d'extrait.

- ❖ Les trois filtrats ont été collectés puis évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température de 40° C (**Figure17**).



**Figure 17** : évaporation avec un rota-vapeur.

Les deux extraits obtenus ont été conservés au réfrigérateur à 4° C à l'abri de la lumière, jusqu'à leur utilisation.

### **2.3- Calcul de rendement**

Le rendement en pourcentage a été calculé par la formule suivante (**Pacôme et Augustin, 2018**) :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{Masse de l'extrait récupéré}}{\text{Masse de la matière végétale sèche}} \times 100$$

### **2.4- Screening phytochimique**

Le criblage phytochimique qualitatif est un moyen pour mettre en évidence la présence ou l'absence des différents groupes chimiques de métabolites primaires et secondaires dans la plante étudiée. Pour cela, plusieurs tests de caractérisation ont été établis, sur les deux extraits, basant sur des réactions de précipitation (formation de complexes insolubles) ou de coloration (formation de complexes colorés), en utilisant des réactifs spécifiques (**Badiaga, 2011**).

### 2.4.1- Détection des tanins

Huit gouttes d'une solution diluée de chlorure ferrique à 1 % sont ajoutées à 1 ml de chaque extrait. Le chlorure ferrique développe une coloration verdâtre qui indique la présence des tanins catéchiques ou bleu noirâtres qui révèle l'existence des tanins gallique (**Halla et al., 2016**).

### 2.4.2- Détection des alcaloïdes

2 ml d'acide chlorhydrique à 1 % sont ajoutés à 1 ml de chaque extrait, puis chauffé au bain-marie, ensuite on divise chaque extrait en deux volumes. Un volume est traité par le réactif de Mayer, et l'autre par le réactif de Wagner (**annexe1**). La présence d'un précipité blanc jaunâtre par le réactif de Mayer ou rouge orangé à brun pour le réactif Wagner révèle la présence des Alcaloïdes (**Halla et al., 2016**).

### 2.4.3- Détection des saponosides

Introduire 2 ml de chaque extrait dans un tube à essai qui contient 5 ml d'eau distillée. Agiter les tubes pendant 15 secondes, puis laisser reposer pendant 20 minutes. Le résultat est positif si la mousse est supérieure à 1 cm (**Halla et al., 2016**).

### 2.4.4- Détection des flavonoïdes

200 µl de chaque extrait sont ajoutés à 200 µl de NaOH, puis on ajoute 1 à 2 gouttes de HCl. Le résultat positif est montré par le jaune à incolore (**Pandey et al., 2011**).

### 2.4.5- Détection des glycosides

L'extrait a été hydrolysé avec une solution de HCl et neutralisé avec une solution de NaOH. Quelques gouttes de solution de Fehling A et B ont été ajoutées, un précipité rouge a montré la présence de glycosides (**Pandey et al., 2011**).

### 2.4.6- Détection des quinones

Dans un volume de chaque extrait, on ajoute quelques gouttes de NaOH 1%. L'apparition d'une couleur qui vire au jaune indique la présence de quinones (**Himour et al., 2016**).

#### **2.4.7- Détection des stérols**

1 ml de chaque extrait est ajouté à 1 ml d'anhydride acétique et 500  $\mu$ l d'acide concentré. L'apparition d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu ou au vert indique leur présence (**Himour et al., 2016**).

#### **2.4.8- Détection des anthocyanines**

1 ml de chaque extrait est ajoutés à 1 ml d'alcool chlorhydrique et 1 ml d'alcool iso-amylique. Le mélange est chauffé pendant 15 min. l'apparition de couleur rouge-cerise violacée; brun-rouge indique leur présence (**Himour et al., 2016**).

### **2.5- Dosage colorimétrique des composés phénoliques**

Le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux présents dans la plante (des deux extraits) a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre.

#### **2.5.1- Dosage des polyphénols totaux**

- **principe**

Cette méthode est basée sur la réaction des polyphénols avec le réactif Folin-Ciocalteu qui est un mélange jaune constitué d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Ce réactif est transformé lors de l'oxydation des phénols en un complexe bleu d'oxyde de tungstène et de molybdène dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité des polyphénols.

- **Mode opératoire**

Le dosage des polyphénols totaux est réalisé en suivant la méthode colorimétrique. Un volume de 200 $\mu$ l de l'extrait dilué a été introduit dans un tube à essai avec 1 ml de réactif du Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 800  $\mu$ l de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7,5% (p : v). Le tube a été agité et incubé durant 30 min à l'abri de la lumière et à une température ambiante. L'absorbance est mesurée à 765nm contre le blanc à l'aide d'un spectrophotomètre (**Akrab et Mouhadi, 2019**).

Une gamme étalon à base de l'acide gallique est également préparée à des différentes concentrations. Les teneurs en polyphénols ont été exprimées en milligramme équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g extrait) (Halla *et al.*,2016).

### 2.5.2- Dosage des flavonoïdes totaux

- **Principe**

La méthode est basée sur l'oxydation des flavonoïdes par les deux réactifs: le nitrite de sodium et le chlorure d'aluminium. Cette oxydation forme un complexe brunâtre qui absorbe à 510 nm (Halla *et al.*,2016).

- **Mode opératoire**

La teneur des flavonoïdes totaux est quantifiée en suivant la méthode décrite par Jelleda (2015). Un volume de 500  $\mu$ l d'extrait utilisé est mélangé avec 2 ml d'eau distillée et 150  $\mu$ l de nitrite de sodium ( $\text{NaNO}_2$ ) à 5 %. Après 6 min, 150  $\mu$ l de trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) à 10%, et 2 ml d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) à 4% ont été additionnés au mélange .Le volume final a été complété à 5 ml d'eau distillée. La solution est incubée pendant 15 min à l'obscurité et à température ambiante. L'absorbance est déterminé à 510 nm contre le blanc à l'aide d'un spectrophotomètre.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant la quercétine. La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme équivalents de quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g extrait).

## 2.6- Activités biologiques

Les activités biologiques ; antioxydante, antibactérienne et étude de l'effet synergique (vis-à-vis des antibiotiques), des extraits obtenus ont également été évaluées.

### 2.6.1- Activité antioxydante

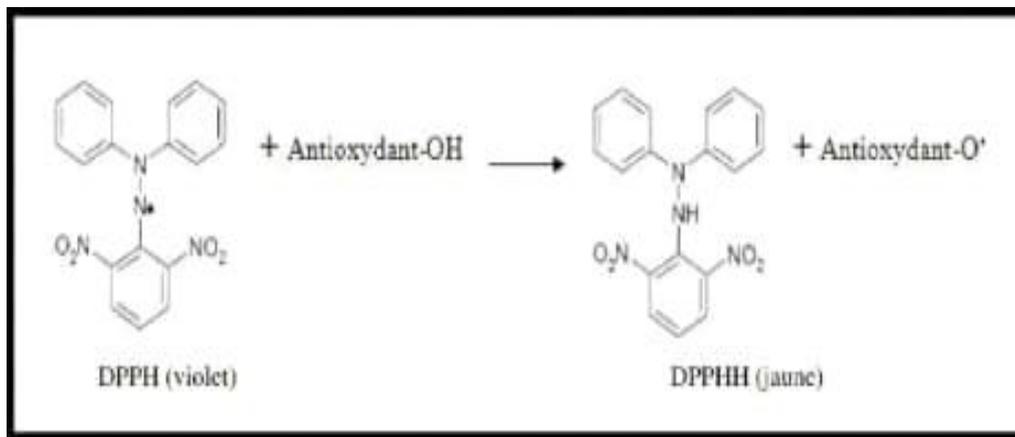
L'activité antioxydante est évaluée par la mesure de l'efficacité du composé à piéger des radicaux libres.

- **Activité anti radicalaire du DPPH (2,2-Diphényl-1-PicrylHydrazil)**

- **principe**

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical libre et stable de couleur violette. Il est réduit en présence d'une molécule antioxydante dont

l'apparition d'une couleur jaune qui sera suivie par spectrophotomètre (**figure18**) (Nabti *et al.*, 2023).



**Figure 18** : Réduction du radical DPPH.

- **Mode opératoire**

Quatre milligrammes de DPPH ont été solubilisés dans 100ml de méthanol absolu pour avoir une solution de 0,004 %. Pour chacun des 2 extraits une gamme de dilution a été préparée (0,5; 1; 2; 4 µg/ml). Ensuite, 50 µl d'extrait de chaque concentration et 950 µl de la solution DPPH sont mélangés, puis agités par un vortex. Les tubes sont placés à l'obscurité, à une température ambiante, pendant 30 min.

L'absorbance a été mesurée à 517 nm par un spectrophotomètre. Un contrôle négatif est préparé ; il est composé de méthanol et de solution de DPPH (0,004%) (Serigne Ibra Mbacke *et al.*, 2017).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide ascorbique (vitamine C) (**annexe2**).

Le taux réduit du DPPH par ces molécules est exprimé en pourcentage d'inhibition (PI) suivant la formule suivante :

$$PI(\%) = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \times 100$$

Où :

**A<sub>0</sub>** : absorbance de contrôle négatif.

**A<sub>1</sub>** : absorbance d'échantillon.

➤ **Calcul des CI50**

CI50 (concentration inhibitrice de 50 %), aussi appelée EC50 (Efficient concentration50), est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de radical DPPH.

Les CI50 sont calculées par des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés (Torres *et al.*, 2006).

**2.6.2- Etude de l'activité antimicrobienne**

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été réalisée par la méthode de diffusion de disques sur un milieu gélosé, pour déterminer parmi nos extraits ceux qui ont une inhibition microbienne (Tokoudagba *et al.*, 2024).

**2.6.2.1- L'évaluation de l'activité antibactérienne**

- **Bactéries testées**

Les souches utilisées sont quatre souches bactériennes (Gram positif et négatif) de référence.

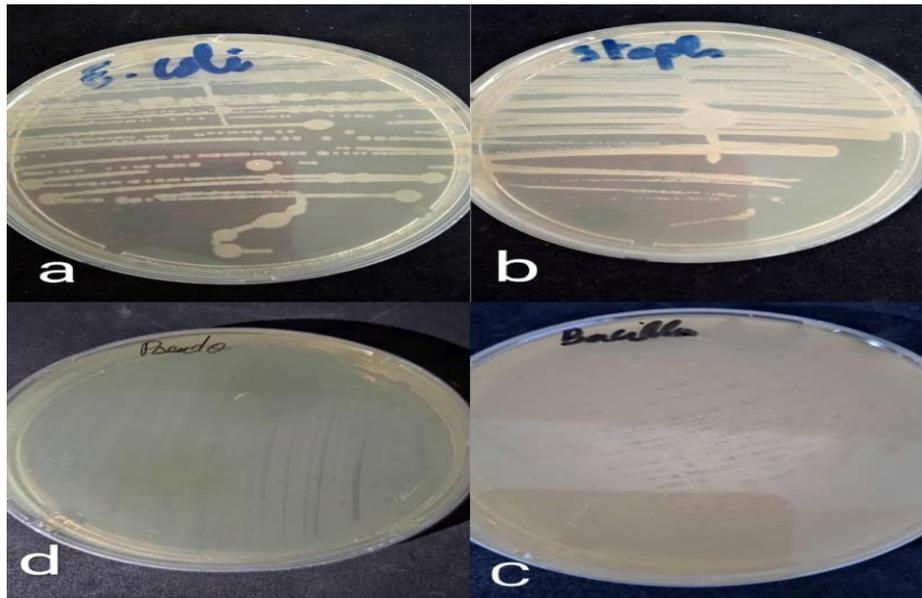
| Bactéries | Souches                       | Code        | Gram    |
|-----------|-------------------------------|-------------|---------|
| Bacille   | <i>Escherichia coli</i>       | NCTC 10 538 | Négatif |
|           | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | NCIMB 86 26 |         |
|           | <i>Bacillus subtilis</i>      | ATCC 66 33  | Positif |
| Cocci     | <i>Staphylococcus aureus</i>  | ATCC 6538   |         |

- **Préparation des solutions des extraits**

Les extraits ont été dilués dans le Diméthylsulfoxyde (DMSO) pour préparer une solution mère de chaque extrait (200mg/ml).

- **Préparation des cultures**

Chaque souche bactérienne a été repiquée dans milieu GN par la méthode des stries, puis incubée à 37C° pendant 18 à 24 heures pour obtenir des colonies jeune et pure (Figure19).



**Figure 19** : repiquage des souches bactériennes étudiées ; **a** : *Escherichia coli*, **b** : *Staphylococcus aureus*, **c** : *Bacillus subtilis*, **d** : *Pseudomonas aeruginosa*

- **Préparation de l'inoculum**

À l'aide d'une pipette pasteur stérile quelques colonies bien isolées sont prélevées et mises dans l'eau physiologique stérile (0,9%) afin d'obtenir une suspension bactérienne équivalente à 0,5 Mac Farland.

- **Ensemencement et dépôt des disques**

Les suspensions des souches sont ensemencées à la surface des boîtes à l'aide d'un écouvillon stérile de manière à couvrir toute la surface. Des disques de papier wattman N:01 de 6mm de diamètre, ont été déposés, imbibés avec la solution des extraits à raison de 20  $\mu$ l par disque ; l'opération a été répétée 4 fois pour chaque solution.

Des témoins sans extraits ont été réalisés :

\**contrôle négatif* : des disques imbibé par DMSO seul.

\**contrôle positif* : Ciprofloxacin 5 $\mu$ g (la famille des fluoroquinolones).

- **Incubation**

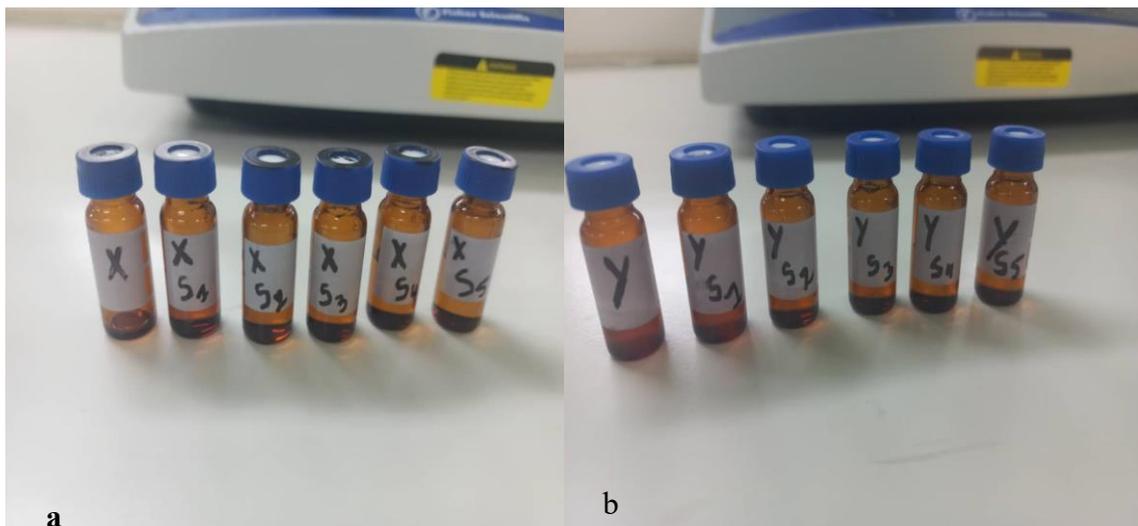
Les boîtes sont incubées à 37° C pendant 18 à 24 heures. Après l'incubation, l'effet des extraits se traduit par l'apparition d'une zone circulaire transparente autour de disque. Pour déterminer l'activité, en mesurant le diamètre des zones d'inhibitions.

- **Détermination de la CMI**

A partir de la solution mère qui a été préparé précédemment, deux séries de dilutions avec des différentes concentrations ont été préparées (200; 160; 120; 80; 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25 mg/ml et 625µg/ml) (**Figure20**).

Après l'ensemencement des suspensions bactériennes sur la surface des boîtes, des disques imbibés par un volume fixe de 20 µl de chaque concentration est déposé (on répète l'expérience 4 fois). Les cultures sont incubées à 37 °C, pendant 24 heures.

Les résultats sont notés, d'où nous avons déterminé la CMI en comparant nos résultats d'expérience avec les témoins.

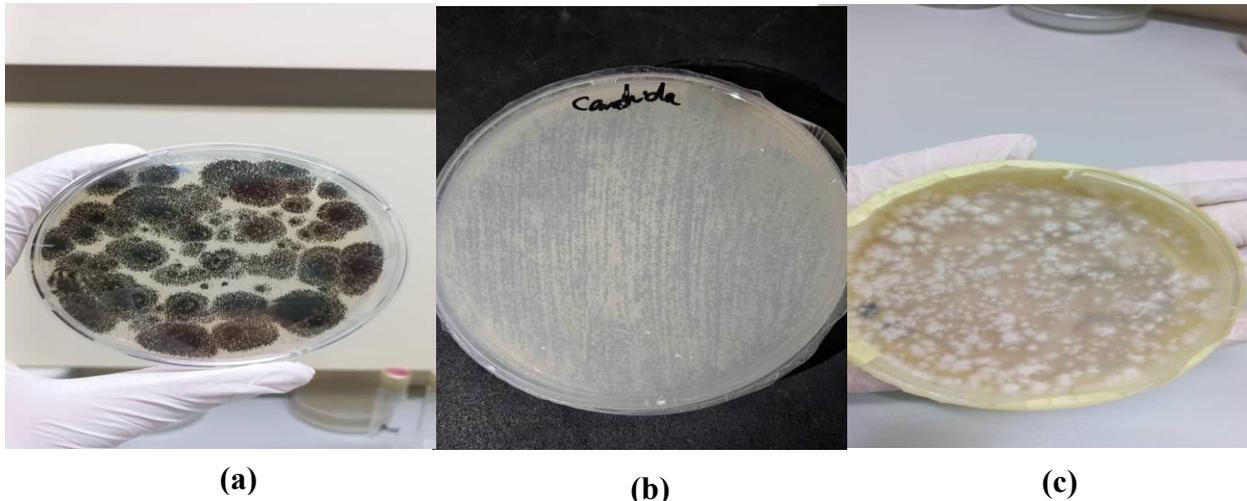


**Figure 20** : préparation des dilutions d'extraits étudiés ; **a** : extrait des rhizomes séchés à 60° C, **b** : extrait des rhizomes séchés à l'air libre

### 2.6.2.2- L'évaluation de l'activité antifongique

A partir d'une culture fongique pure (**figure21**) une suspension sporale a été préparée ; elle doit être d'une opacité trouble équivalente à une DO de 0.15 à 0.2 à 650 nm. L'ensemencement des suspensions est effectué sur des boîtes contenant une gélose PDA (**annexe3**). Un volume de 20 µl de l'extrait est déposé sur les disques (l'opération est répétée 2 fois).

L'incubation des boîtes sera réalisée à 30° C pendant 48 h, les résultats sont déterminés par l'apparition des zones d'inhibition.



**Figure 21** : cultures jeune des souches fongique ; **a** : *Aspergillus niger*, **b** : *Candida albicans*, **c** : *Fusarium sp*

### 2.6.3- Etude de l'effet de combinaison entre l'extrait et les antibiotiques

Dans le but de diminuer la résistance bactérienne vis-à-vis les antibiotiques, plusieurs études scientifiques se concentrent sur l'emploi des antibiotiques en association avec des composés bioactifs de plantes médicinales. Ainsi, dans notre recherche, nous avons établi ce test sur nos souches de bactéries. Ce test est effectué pour la première fois pour les rhizomes d'*Iris unguicularis*.

- **Mode opératoire**

La méthode de diffusion sur le disque a été utilisée pour évaluer l'efficacité antibactérienne des associations extrait-antibiotique, comme le suggèrent **Boudjedjou et al., (2018)**, d'où on doit ;

- ✓ ensemencer la surface du milieu par la suspension bactérienne.
- ✓ déposer deux disques d'antibiotiques placé côte à côte, un des deux disques est imbibé de 10µl d'extrait(C=200mg/ml).
- ✓ laisser diffuser pendant une heure de temps, à la température ambiante du laboratoire, ensuite on incube les boîtes à 37°C pendant 24 heures (**figure22**).

#### **Remarque**

On utilise deux antibiotiques de différentes familles :

- ✓ Ciprofloxacine 5µg (la famille des fluoroquinolones).

- ✓ Cefepime 30 $\mu$ g (la famille des bêta-lactamines).

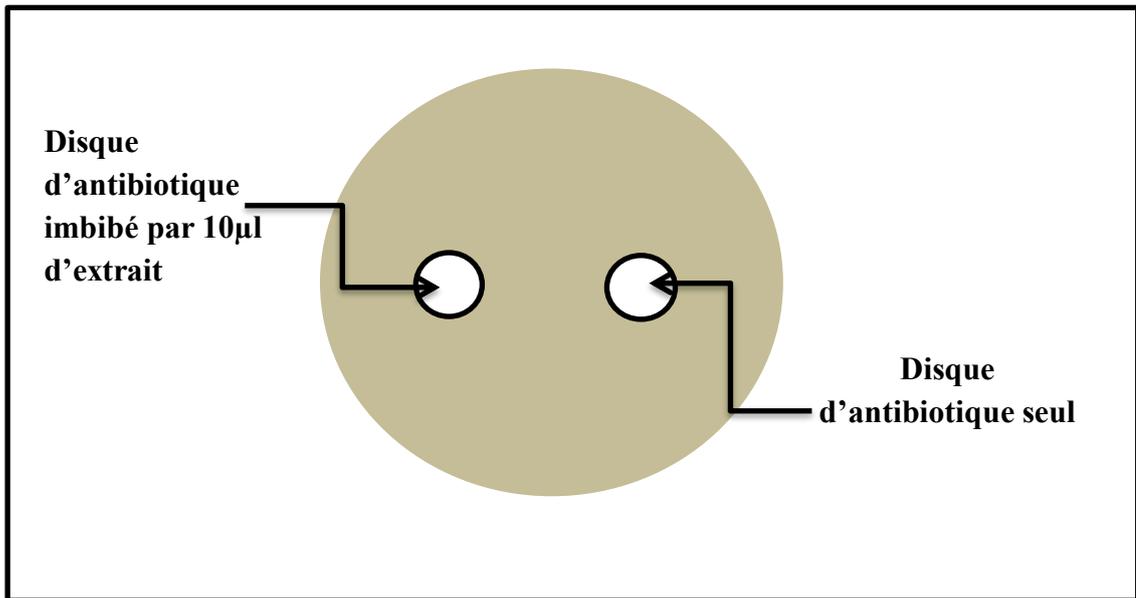


Figure 22 : Test de synergie par combinaison d'extrait et antibiotique.

- **Lecture**

Les interactions peuvent être classées comme suit :

- ✓ **Addition** : l'effet de l'association est égal à la somme des effets d'antibiotique et l'extrait pris isolément :  $(A + B) = \text{effet A} + \text{effet B}$ .
- ✓ **Synergie** : l'effet de l'association est supérieur à la somme des effets de l'antibiotique et d'extrait pris isolément :  $(A + B) > \text{effet A} + \text{effet B}$ .
- ✓ **Antagonisme** : l'effet de l'association est inférieur à la somme des effets de l'antibiotique et de l'extrait pris isolément :  $(A+B) < \text{effet A} + \text{effet B}$  (Bouras, 2019).

# **Résultats et discussion**

### 3- Résultats et discussion

#### 3.1- Rendement d'extraction des rhizomes

Dans la présente étude, deux différentes méthodes de séchage ont été effectuées ; une à l'air libre à une température ambiante et l'autre à sec à une température de 60°C. Ces deux méthodes ont permis d'extraire des métabolites bioactifs à partir des rhizomes de la plante *Iris unguicularis*.

Le tableau suivant (**Tableau4**) indique les rendements des deux extraits étudiés.

**Tableau 4:** Rendement des extraits des rhizomes d'*Iris unguicularis*.

| Extraits                                  | Rendement (%) |
|---|---------------|
| Extrait des rhizomes séchés à 60°C        | <b>30</b>     |
| Extrait des rhizomes séchés à l'air libre | <b>6,4</b>    |

D'après les résultats illustrés dans le tableau ci-dessus, les valeurs du rendement d'extraction montrent une variation entre les deux extraits selon la méthode de séchage. Où, l'extrait hydro-éthanolique des rhizomes séchés à 60°C a donné le rendement le plus élevé (30%) par contre l'extrait hydro-éthanolique des rhizomes séchés à l'air libre a révélé le rendement le moins important avec un pourcentage de 6,4 %.

Nos résultats montrent que le rendement d'extrait des rhizomes séchés à 60°C est plus élevé que l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre ; ce qui vient soutenir les études effectuées sur des tranches d'aubergine (**Guiné et al., 2017**) et des feuilles de menthe poivrée (**Blanco et al., 2002**) qui montrent que le séchage à 60°C donne un rendement en composés phénoliques plus élevés que le séchage à l'air libre.

En plus, la température de séchage est un facteur important qui peut influencer le rendement d'extrait de plante, une température modérée peut augmenter le rendement d'extraction en facilitant la libération des composés cibles de la matrice végétale. Cela est dû à l'inactivation des enzymes qui peuvent dégrader les composés cibles et à l'augmentation de la perméabilité des parois cellulaires (facilitant l'accès des solvants aux composés lors de l'extraction). La température élevée de séchage élimine l'eau, donc elle augmente la quantité de composés par unité de masse de rhizome.

En effet, d'après les résultats de l'étude de **bensouici et al. (2020)** et **bensari (2021)** on peut rajouter que l'éthanol est le solvant le plus efficace pour l'obtention des métabolites. Ceci peut tenir à plusieurs raisons:

- Polarité : il permet d'extraire une large gamme de composés à la fois polaires et non polaires présents dans les plantes.
- Pouvoir de solvation : il est capable de dissoudre un large éventail de substances.
- Volatilité : il s'évapore facilement. Cela permet de concentrer facilement les extraits obtenus par macération.
- De plus, l'éthanol est relativement peu toxique et il est biodégradable, ce qui signifie qu'il se décompose naturellement dans l'environnement.

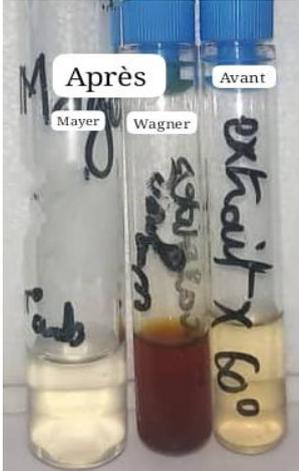
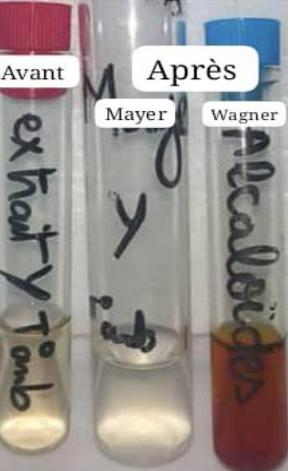
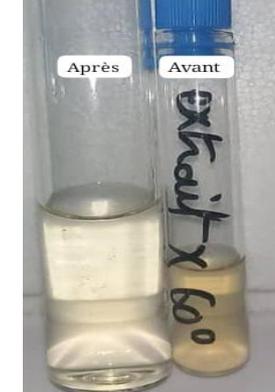
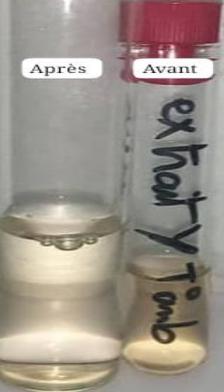
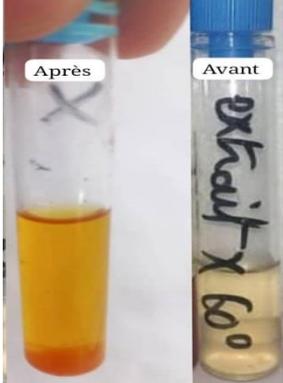
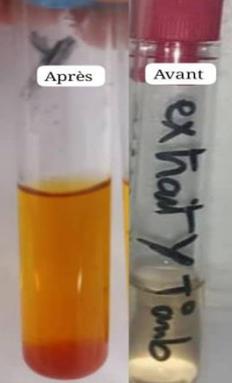
### 3.2- Screening phytochimique

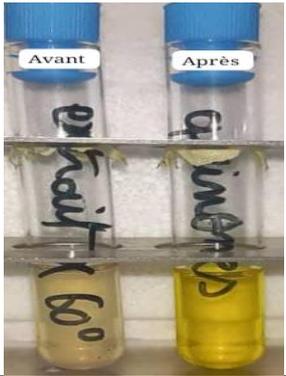
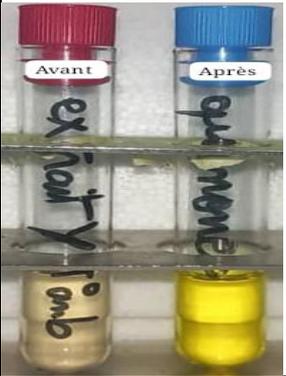
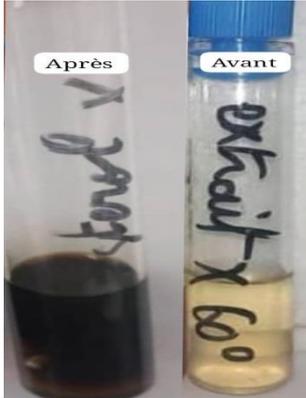
Les tests de screening phytochimique ont été réalisés sur l'extrait hydro-éthanolique préparé à partir des rhizomes d'*Iris unguicularis*. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitations ou de coloration par des réactifs spécifiques.

Les résultats de ce criblage sont reportés dans le **Tableau 5**, qui révèle la présence ou l'absence d'un groupe de métabolite secondaire.

**Tableau 5:** screening phytochimique des rhizomes d'*Iris unguicularis* (des deux extraits étudiés).

| Métabolites secondaires | Extrait des rhizomes séchés à 60°C  | Extrait des rhizomes séchés à l'air libre  | Résultats                            |
|-------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Tanins                  |  |  | Présence de coloration bleu noirâtre |

|             |   |   |  |   |   |
|-------------|---|---|--|---|---|
| Alcaloïdes  |    | + |    | + | Présence de coloration brun par le réactif Wagner et blanc jaunâtre par réactif Mayer |
| Saponosides |   | - |   | - | L'absence de mousse   |
| Flavonoïdes |  | + |  | + | Présence de coloration jaune à incolore   |
| Glycosides  |  | + |  | + | Présence de précipitation rouge   |

|               |   |   |  |   |                                   |
|---------------|---|---|--|---|-----------------------------------|
| Quinones      |    | + |    | + | Présence de coloration jaune      |
| Stérols       |   | - |   | - | Absence de l'anneau violet        |
| Anthocyanines |  | + |  | + | Présence de coloration brun-rouge |

(+) test positif ; (-) test négatif

D'après les résultats de screening phytochimique de la plante *Iris unguicularis* (**tableau 5**), Les métabolites sont similaires dans les deux extraits, d'où on a pu détecter ; tanins, alcaloïdes, flavonoïdes, glycosides, quinones et anthocyanines. Par contre on observe l'absence des ; saponosides et les stérols.

Selon l'étude de **Bensari (2021)**, un total de 70 composés phytochimiques sont constatés dans les extraits des rhizomes de la plante *Iris unguicularis*, ce qui appuie nos résultats.

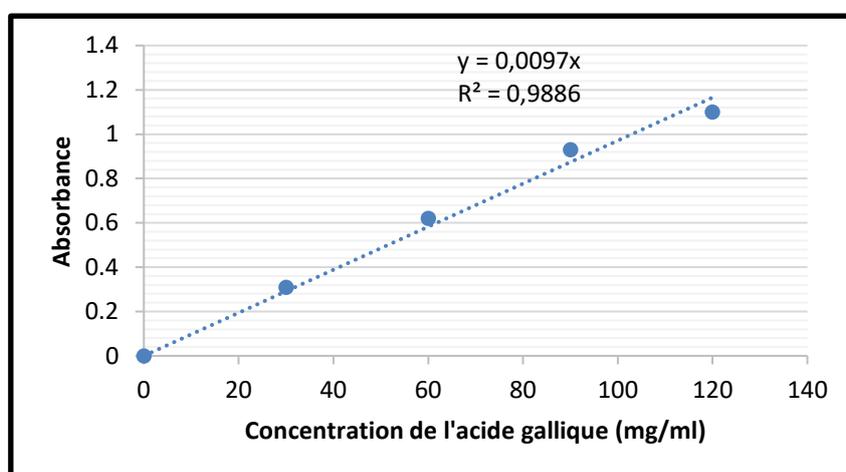
Ces composés bioactifs présents dans les rhizomes d'*Iris unguicularis* confèrent à cette plante une série d'activités biologiques éventuelles (activité antibactériennes, anti-oxydante, antiviraux et anti-inflamatoire).

### 3.3- Dosage colorimétrique des composés phénoliques

La quantification des composés phénoliques ; polyphénols totaux et flavonoïdes totaux, a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu et la technique de trichlorure d'aluminium, consécutivement, où l'acide gallique et la quercétine ont respectivement été utilisés comme des standards.

#### 3.3.1- Dosage des polyphénols totaux

La détermination de la teneur en polyphénols totaux dans les extraits hydro- éthanoliques des rhizomes d'*Iris unguicularis* a été calculée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique ;  $Y = 0,0097x$  avec  $R^2 = 0,9886$  (figure23).



**Figure23:** Courbe d'étalonnage d'acide gallique ( $\lambda=765$  nm).

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait (mg EAG/g extrait) (tableau6).

**Tableau 6:** Teneur en phénols totaux dans les deux extraits d'*Iris unguicularis*.

| Echantillon dosé                          | Teneurs en phénols totaux (mg équivalente d'acide gallique/g extrait) |
|---|---|
| Extrait des rhizomes séchés à l'air libre | <b>64,10</b>  |
| Extrait des rhizomes séchés à 60°C        | <b>82,62</b>  |

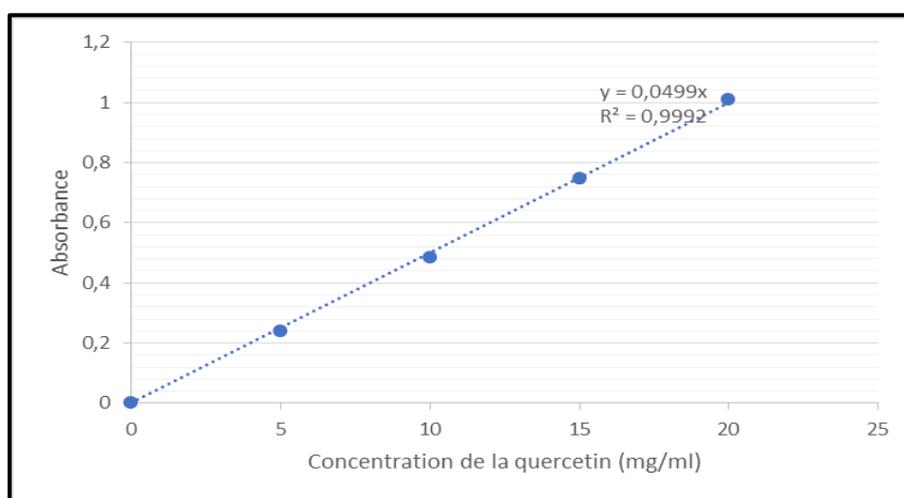
Selon nos résultats, l'extrait des rhizomes séchés à 60°C est l'extrait le plus riche en polyphénols totaux (82,62 mg EAG/g extrait) que l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre (64,10 mg EAG/g extrait).

D'après la littérature, la teneur en polyphénols totaux de l'extrait des rhizomes, de la même plante, séchés à l'air libre est très proche à notre résultat (71,99 µg EAG/mg extrait) (**Bensouici et al.,2020 ; Bensari, 2021**).

De ce fait, on peut conclure que la température affecte positivement sur la teneur des polyphénols totaux car la chaleur peut rompre les parois cellulaires des plantes, augmentant ainsi la biodiversité des composés (**Brianceau et al., 2013**), où les réactions de Maillard, qui se produisent entre les sucres et les acides aminés lors du chauffage peuvent entraîner la formation de nouveaux composés phénoliques (**Machiels, 2002**).

### 3.3.2- Dosage des flavonoïdes

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux dans les extraits hydro- éthanolique d'*Iris unguicularis* a été calculée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de la quercétine ;  $Y = 0,0499x$  avec  $R^2 = 0,9992$  (**figure24**).



**Figure 24** : Courbe d'étalonnage de la quercétine ( $\lambda = 415$ ).

Les résultats obtenus, exprimés en mg équivalent de quercétine par g de l'extrait (mg EQ/g extrait), sont présentés dans **le tableau7**.

**Tableau 7:** Teneur en flavonoïdes dans les deux extraits *d'Iris unguicularis*.

| Echantillons dosés                        | Teneur en flavonoïdes (mg Equivalent Quercétine /g d'extraits) |
|---|--|
| Extrait des rhizomes séchés à l'air libre | <b>73,27</b>   |
| Extrait des rhizomes séchés à 60°C        | <b>188,38</b>  |

Selon ces résultats, la teneur en flavonoïdes dans l'extrait des rhizomes séchés à 60°C est la plus élevée (188,38 mg EQ/g extrait), que l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre (73,27 mg EQ/g extrait).

Ces différences de teneur en flavonoïdes entre les extraits peuvent être s'expliquer par le changement de température lors de séchage des rhizomes, car la structure chimique des différents flavonoïdes influence leur sensibilité à la chaleur (**Loannou et al., 2019**).

Le résultat de cette étude est supérieur à celui trouvé par **Bensouici et al. (2020)**, qui a obtenu une teneur plus faible en flavonoïdes (43,86 µg EQ/mg) de l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre de la même plante. Par ailleurs, le résultat de **Bensari (2021)** a montré que la teneur en flavonoïdes totaux du même extrait, était de 92,59 µg EQ/mg extrait.

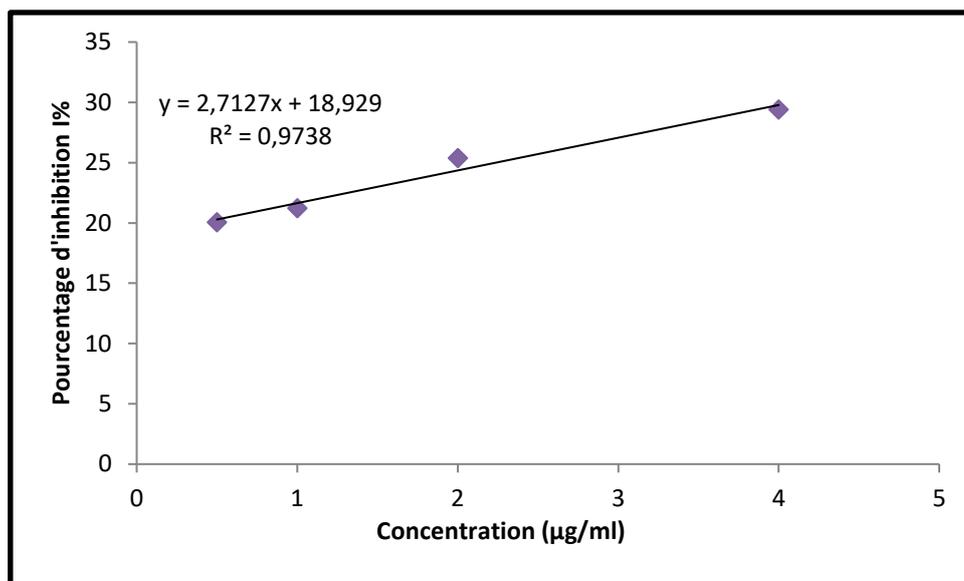
De cette partie d'étude, On conclut que les rhizomes de la plante *d'Iris unguicularis* séchés à 60°C sont les plus riche en composés phénoliques; mais en flavonoïdes qu'en polyphénols (**tableaux 6et 7**).

### 3.4- Activités biologiques

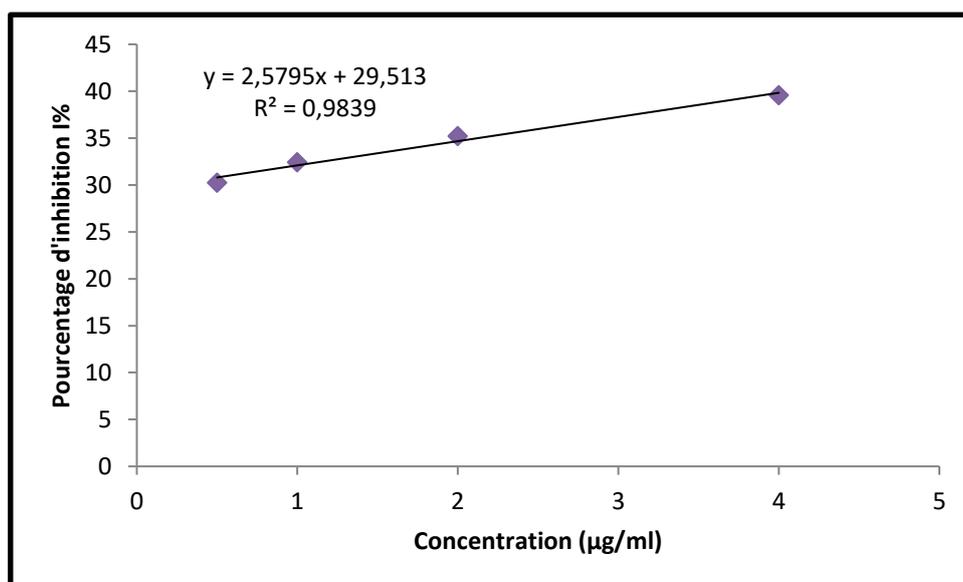
#### 3.4.1- Activité antioxydante

Dans ce test nous avons utilisé la méthode DPPH pour déterminer l'activité antioxydante des extraits des rhizomes *d'Iris unguicularis*.

Les résultats obtenus nous ont permis de tracer la courbe de pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de concentrations des extraits (**figure25, 26**).



**Figure 25:** Courbe des pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction de la Concentration d'extrait des rhizomes séchés à l'air libre.



**Figure 26:** Courbe des pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction de la Concentration d'extrait des rhizomes séchés à 60°C.

A partir de la courbe de pourcentage d'inhibition de DPPH, les valeurs de l'CI50 sont déterminées (**Tableau8**). Cette dernière est définie comme étant la concentration du substrat nécessaire à diminuer 50% d'absorbance de la solution initiale du DPPH.

**Tableau 8:** les valeurs d'CI50 déterminées par le piégeage du radical DPPH.

| Echantillons dosés                        | Valeurs d'CI50 (µg/ml) |
|---|------------------------|
| Extrait des rhizomes séchés à l'air libre | <b>11,45</b>           |
| Extrait des rhizomes séchés à 60°C        | <b>7,94</b>            |
| Acide ascorbique (vitamine C)             | <b>3,41</b>            |

D'après nos résultats, L'extrait des rhizomes séchés à 60°C avait également une forte activité antioxydante proche à l'acide ascorbique (CI50=3,41 µg/ml) avec une valeur d'CI50=7,94µg/ml ; par comparaison avec l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre qui avait également une activité intéressante avec une valeur d'CI50=11,45µg/ml. Notre résultat s'accorde avec le résultat trouvé par Bensari (2021) (CI 50=11,42+-0,03µg/ml) de l'extrait de rhizomes séchés à l'air libre.

L'activité anti-oxydante est fortement liée à la teneur en composés phénoliques surtout les flavonoïdes (Idris, 2019). Car, le pouvoir réducteur des extraits de la plante est dépendant de leur concentration ; plus que l'extrait est riche en composés phénoliques, plus qu'il a un pouvoir réducteur élevé (Amarowicz *et al.*, 2004).

### 3.4.2- Evaluation de l'activité antimicrobienne

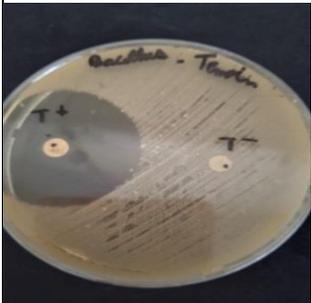
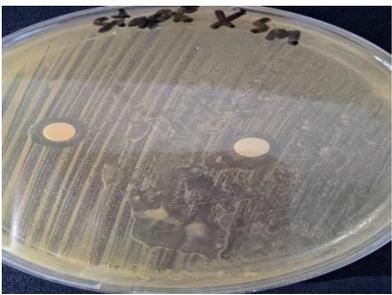
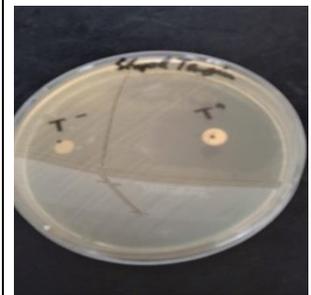
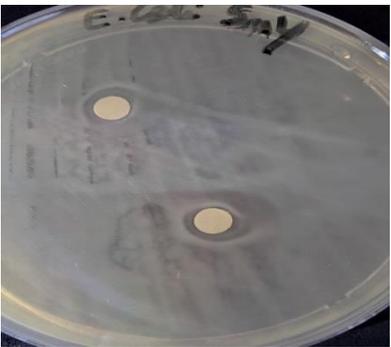
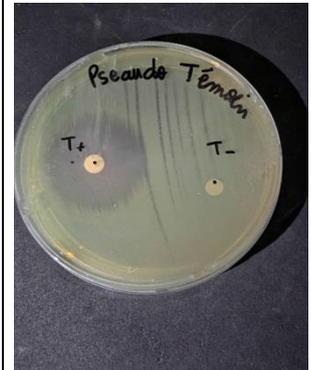
#### 3.4.2.1- Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne se traduit par une zone d'inhibition environnante des disques imbibés par les extraits étudiés de la plante *Iris unguicularis*, à différentes concentrations (200 mg/ml – 625 µg/ml).

L'évaluation de l'activité antibactérienne de nos extraits a été faite sur quatre bactéries (*E. coli* / *S. aureus* / *P. aeruginosa* /*B. subtilis*). Les résultats de l'activité antibactérienne des deux extraits de l'espèce *Iris unguicularis* sont regroupés dans les **tableaux 9 et 10**.

D'après nos résultats, le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre et d'un extrait à un autre. Les deux extraits ont légèrement inhibé la croissance des souches de *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*. Par contre aucune activité antibactérienne n'a été observée vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* (**tableau 10**).

**Tableau 9:** Zones d'inhibition de la plante *Iris unguicularis* ; extrait des rhizomes séchés à 60°C, extrait des rhizomes séchés à l'air libre, Ciprofloxacin et DMSO (Témoins) ; sur les souches bactériennes.

| Bactéries                     | Extrait des rhizomes séchés à 60°C  | extrait des rhizomes séchés à l'air libre  | Antibiotique et DMSO  |
|-------------------------------|---|--|---|
| <i>Bacillus subtilis</i>      |    |    |    |
| <i>Staphylococcus aureus</i>  |   |   |   |
| <i>Escherichia coli</i>       |  |  |  |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |  |  |  |

**Tableau 10:** Diamètres (mm) des zones d'inhibition de la croissance bactérienne par l'extrait des rhizomes séchés à 60°C, l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre d'*Iris unguicularis*, le ciprofloxacine et le DMSO.

| Diamètres d'inhibition (mm)               | [C]mg/ml   | Souches Bactériennes     |                              |                         |                               |
|---|------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|   |            | Gram+                    |                              | Gram -                  |                               |
|   |            | <i>Bacillus subtilis</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Escherichia coli</i> | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
| Extrait des rhizomes Séchés à 60°C        | 0.625      | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | 1.25       | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | <b>2.5</b> | <b>1±0,82</b>            | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | 5          | 2,5±0,58                 | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | <b>10</b>  | 3,75±0,96                | <b>1,25±1,26</b>             | 00±00                   | 00±00                         |
|   | 20         | 4,5±0,5                  | 2,25±0,96                    | 00±00                   | 00±00                         |
|   | <b>40</b>  | 5,3±1,15                 | 2,75±0,96                    | <b>1,25±1,5</b>         | 00±00                         |
|   | 80         | 6±1,41                   | 3,25±0,5                     | 2,25±1,71               | 00±00                         |
|   | 120        | 7,25±0,96                | 4±0,82                       | 4,75±0,96               | 00±00                         |
|   | 160        | 10±0,82                  | 6±0,82                       | 6,2±0,96                | 00±00                         |
| 200                                       | 13,5±2,65  | 8,75±0,96                | 6±0,82                       | 00±00                   |                               |
| Extrait des rhizomes Séchés à l'air libre | 0.625      | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | 1.25       | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | 2.5        | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | 5          | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | <b>10</b>  | <b>0,5±1</b>             | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |
|   | <b>20</b>  | 2,25±0,82                | 00±00                        | <b>0,75±0,96</b>        | 00±00                         |
|   | <b>40</b>  | 3,5±1                    | <b>3±0,82</b>                | 2,5±0,58                | 00±00                         |
|   | 80         | 5,2±0,82                 | 2,5±0,58                     | 3±0,82                  | 00±00                         |
|   | 120        | 7±1,41                   | 3±0                          | 4,25±1,26               | 00±00                         |
|   | 160        | 7,5±2,38                 | 4,25±0,5                     | 5,25±0,96               | 00±00                         |
| 200                                       | 8,5±1,91   | 7±1,83                   | 5,25±0,5                     | 00±00                   |                               |
| ATB (5µg/disque)                          |            | 34                       | 20                           | 37                      | 23                            |
| DMSO (20µl)                               |            | 00±00                    | 00±00                        | 00±00                   | 00±00                         |

L'activité antibactérienne se traduit principalement par l'apparition d'une zone d'inhibition autour des disques qui sont imbibés par l'extrait des rhizomes séchés à 60°C ou l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre (**Annexe4**). Les diamètres des zones d'inhibition diffèrent selon la concentration, l'espèce étudiée et l'extrait utilisé.

Les résultats obtenus dans le tableau 10 ont montré, d'une part, qu'on a une sensibilité bactérienne aux deux extraits étudiés (rhizomes séchés à 60°C et rhizomes séchés à l'air libre), d'où on a pu remarquer une inhibition (sensibilité modérée) de *B. subtilis* ( $13,5 \pm 2,65$  à  $1 \pm 0,82$  mm) ; ( $8,5 \pm 1,91$  à  $0,5 \pm 1$  mm), Respectivement ; suivie par *S. aureus* ( $8,75 \pm 0,96$  à  $1,25 \pm 1,26$  mm) ; ( $7 \pm 1,83$  à  $1 \pm 0,82$  mm), Respectivement. Par contre, *E. coli* et *P. aeruginosa* ont présenté une faible sensibilité (voir forte résistance) aux extraits de la plante utilisée ; Leurs zones d'inhibition ont été comme suits ( $6 \pm 0,82$  à  $1,25 \pm 1,5$  mm) et ( $5,25 \pm 0,5$  à  $0,75 \pm 0,96$  mm), Respectivement, pour *E. coli*, mais aucune inhibition n'est remarquée pour *P. aeruginosa*.

Nos résultats montrent que les bactéries Gram+ sont plus sensibles que les Gram-, ce qui est cohérent avec les études de **Bensouici et al. (2020)** et **Bensari (2021)** sur l'activité antibactérienne.

Ces études attribuent cet effet à une différence de structure, car les bactéries à Gram négatif (*E. coli*, *P. aeruginosa*) possèdent une membrane externe imperméable aux composés, par contre l'absence de cette barrière chez les Gram positif (*B. subtilis*, *S. aureus*) fait que le contact des constituants des extraits avec la membrane cellulaire bactérienne est facile.

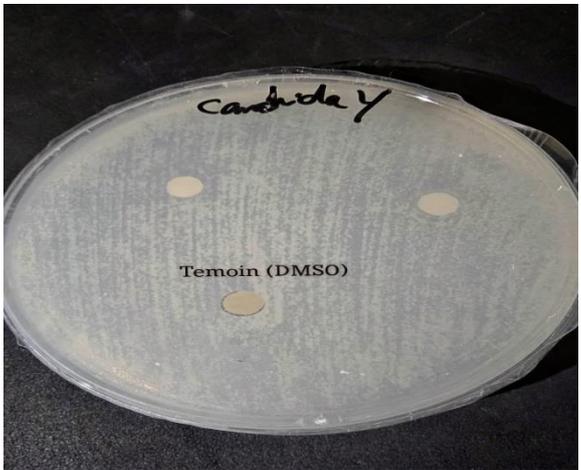
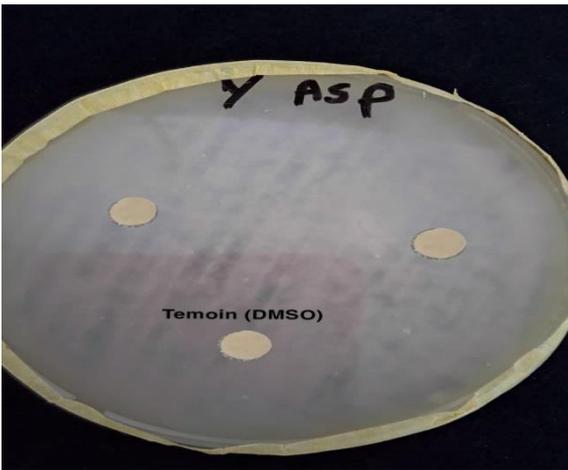
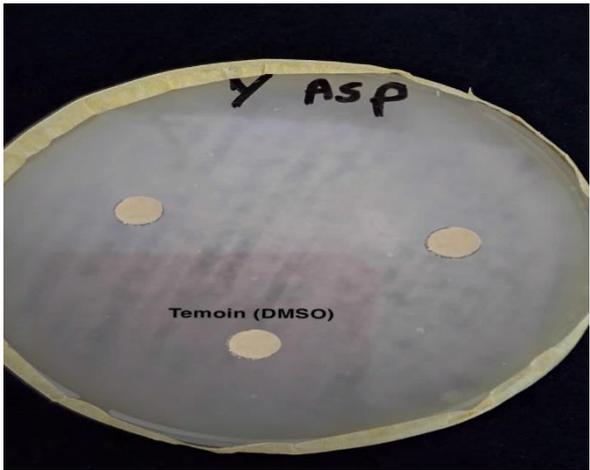
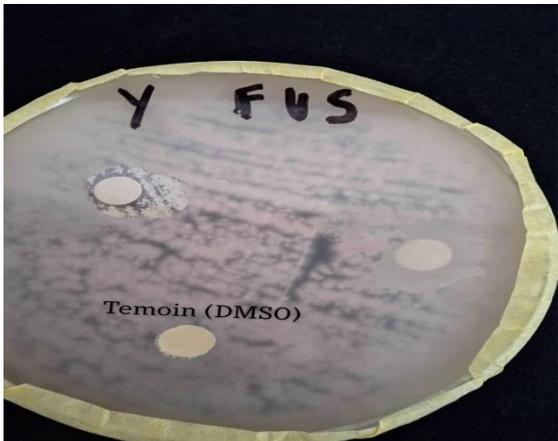
D'autre part, les résultats des CMI révèlent que les plus faibles valeurs marquées ont été enregistrées par l'extrait des rhizomes séchés à 60°C contre *Bacillus subtilis* avec une **CMI=2,5mg/ml**, *Staphylococcus aureus* (**CMI=10mg/ml**) et *Escherichia coli* (**CMI=40mg/ml**). Les CMI sont légèrement moins importantes pour l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre (**tableau 10**).

En conclusion, les bactéries à Gram positif sont plus sensibles à ces extraits que les Gram négatif, mais reste toujours que l'extrait des rhizomes séchés à 60°C a une forte activité antibactérienne, par rapport à l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre.

### 3.4.2.2-Activité antifongique

Lors de cette étude, le pouvoir antifongique des extraits a été étudié vis-à-vis de deux moisissures et une levure. Ce pouvoir a été évalué par la détermination du diamètre de zones d'inhibition (**tableau11**). Les résultats obtenus ont montré que les deux extraits n'avaient aucune activité antifongique.

**Tableau 11:** zones d'inhibition de la plante *Iris unguicularis*; extrait des rhizomes séchés à 60°C, extrait de rhizomes séchés à l'air libre et DMSO, sur les souches fongiques.

| Souches fongiques        | Extrait des rhizomes séchés à 60°C  | Extrait des rhizomes séchés à l'air libre  |
|--------------------------|---|--|
| <i>Candida albicans</i>  |    |    |
| <i>Aspergillus niger</i> |   |   |
| <i>Fusarium Sp</i>       |  |  |

Les résultats de l'activité antifongique ont révélé l'inefficacité de deux extraits contre l'ensemble des souches fongiques testées. Par contre, les résultats de Gaamoune (2016), ont montré une inhibition de croissance fongique par l'extrait méthanolique des feuilles d'*Iris unguicularis*. Ceci indique que l'activité antifongique dépend du solvant utilisé pour l'extraction, les concentrations testées et la partie de la plante utilisée.

### 3.4.3- Effet du test de la combinaison de l'extrait et antibiotiques

Le test synergique a été effectué en combinant chaque extrait avec deux d'antibiotiques (Cefepime 30µg et Ciprofloxacine 5µg, séparément). Les résultats de ce test sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau12** : Diamètres des zones d'inhibition (mm) de la combinaison des deux extraits d'*Iris unguicularis* avec les antibiotiques tests.

|  |                         | Les souches Bactériennes (diamètres en mm) |                    |                    |
|--|-------------------------|--|--------------------|--------------------|
|  |                         | <i>B. subtilis</i>                         | <i>S. aureus</i>   | <i>E.coli</i>      |
| <b>Extrait des rhizomes séchés à 60°C</b>        | Extrait seul (200µg/ml) | 13.5                                       | 8.75               | 6                  |
|  | Extrait/ CIP            | 50   | 34                 | 46                 |
|  |                         | <b>Synergie</b>                            | <b>Synergie</b>    | <b>Synergie</b>    |
|  | Extrait/ FEP            | 48   | 13                 | 43                 |
| <b>Antagonisme</b>                               |                         | <b>Antagonisme</b>                         | <b>Antagonisme</b> |                    |
| <b>Extrait des rhizomes séchés à l'air libre</b> | Extrait seul (200µg/ml) | 8.5  | 7                  | 5.25               |
|  | Extrait/ CIP            | 41   | 18                 | 40                 |
|  |                         | <b>Antagonisme</b>                         | <b>Antagonisme</b> | <b>Antagonisme</b> |
|  | Extrait/ FEP            | 43   | 4                  | 37                 |
| <b>Antagonisme</b>                               |                         | <b>Antagonisme</b>                         | <b>Antagonisme</b> |                    |
| Antibiotiques                                    | CIP (5µg/ml)            | 34   | 20                 | 37                 |
|  | FEP (30µg/ml)           | 43   | 10                 | 40                 |

CIP : Ciprofloxacine ; FEP : Cefepime

D'après les résultats obtenus, l'effet des combinaisons testées varie entre synergie et antagonisme ; un effet synergique relativement élevé a été distingué pour les trois souches testées ; *E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis* en combinant la ciprofloxacine et l'extrait des rhizomes séchés à 60°C, avec des zones d'inhibition allant de 34 à 50 mm. Les zones d'inhibition

obtenues dans ce cas sont supérieures à celles de l'antibiotique testé seul et l'extrait seul (**tableau 12**).

L'effet synergique est probablement dû à une complémentarité d'antibiotique avec les composants chimiques présents dans l'extrait qui sont capables de provoquer la rupture de la paroi bactériennes facilitant ainsi la pénétration de l'antibiotique (**Hilmer et al., 2011**) ; en notant que, la Ciprofloxacine est un antibiotique de la famille des fluoroquinolones qui agit sur le matériel génétique.

Un effet antagoniste a été observé avec les antibiotiques qui suits, Cefepime vis-à-vis les deux extraits testés et Ciprofloxacine vis-à-vis l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre, dont ;

✓ L'effet de combinaison de l'extrait des rhizomes séchés à 60°C/ Cefepime, a donné des diamètres d'inhibition allant de 13 à 48 mm (**tableau 12**). Ces résultats sont plus faibles que ceux de l'antibiotique testé seul et l'extrait seul, pour les trois bactéries utilisées.

✓ L'effet l'association de l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre/ Cefepime , a montré des diamètres d'inhibition allant de 18 à 41 mm. De ce fait, Les zones d'inhibition obtenues dans les combinaisons sont plus faibles que celles de l'antibiotique testé seul et l'extrait seul, pour les souches testées.

✓ la combinaison d'extrait séché à l'air libre et de Ciprofloxacine, a montré des zones d'inhibition comprises entre 4 à 43 mm. Ces zones d'inhibition sont plus faibles que celles de l'antibiotique testé seul et l'extrait seul, pour les bactéries testes.

D'après **Khan et al. (2013)**, l'effet antagoniste peut se développer si l'antibiotique et l'extrait de la plante vont agir sur la même cible bactérienne.

Actuellement, il n'est pas encore clairement élucidé les mécanismes par lesquels les composés chimiques des extraits interagissent en association avec les antibiotiques. Cependant, certains auteurs estiment qu'il s'agit d'un effet conjoint sur la perméabilité de la membrane cytoplasmique des germes, ce qui facilite l'influx des antibiotiques (**Sibanda, 2007**).

# **Conclusion et perspectives**

## 4- Conclusion et perspectives

L'usage fréquent et non contrôlé des antibiotiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne est l'un des facteurs essentiels dans l'apparition et la propagation des bactéries multirésistantes, ce qui constitue un problème majeur de santé à l'échelle mondiale. L'utilisation des plantes médicinales en phytothérapie a reçu un grand intérêt dans la recherche biomédicale. Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs qualifiés de métabolites secondaires.

L'objectif principal de ce travail était d'explorer l'effet du séchage des rhizomes de la plante endémique *Iris unguicularis* « à l'air libre et à température de 60°C » sur la composition chimique et les composés bioactifs, à savoir les composés phénoliques ; ainsi, la détermination des activités biologique sur les extraits hydro-éthanolique.

La détermination du rendement en extraits a montré que les rendements d'extractions varient en fonction de la méthode de séchage utilisée. Les bons résultats sont enregistrés pour l'extrait séché à 60 °C avec un pourcentage de **30 %**. Le rendement le plus faible est enregistré pour l'extrait des rhizomes séchés à l'air libre (6,4 %).

L'analyse phytochimique réalisée sur les extraits des rhizomes de l'espèce *Iris unguicularis* a permis de révéler la présence de divers composés chimiques par des réactions basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques. les résultats sont similaire dans les deux extraits.

Concernant la recherche quantitative de teneur des composés phénoliques, le taux des polyphénols totaux et des flavonoïdes dans les échantillons d'*Iris unguicularis* augmente avec la température de séchage pour atteindre un maximum (**82,62mg EAG/ g et 188, 38 mg EQ / g**, respectivement) à 60 °C comparativement à l'air libre (**64,10mg EAG/ g et 73,27 mg EQ / g**, respectivement).

La détermination de l'activité antioxydante par le piégeage du radical DPPH a révélé une bonne activité pour l'extrait des rhizomes séchés à température de 60°C avec CI50 très intéressantes (**7.94 µg/ml**) par comparaison avec le standard.

L'activité antibactérienne des deux extraits d'*Iris unguicularis* vis-à-vis quatre souches bactériennes, a enregistré une sensibilité variable, des bactéries pathogènes à différentes concentrations testées. Nos résultats ont montré une activité antibactérienne notable et intéressante contre la souche *B.subtilis* et *S.aureus* avec des diamètres d'inhibitions différents,

par contre, les autres souches testées (*E.coli*, *P. aeruginosa*) ont montré une bonne résistance contre nos échantillons testés. De ce fait, on peut utiliser cette plante dans le traitement des infections bactériennes, en particulier, de certaines intoxications alimentaires causées par *Bacillus*.

À l'occasion de cette étude, on a examiné le pouvoir antifongique des extraits en confrontant les souches fongiques et les extraits tests. Les résultats obtenus ont démontré que les extraits ne présentaient aucune activité antifongique.

En fin, l'effet synergique de l'association de l'extrait des rhizomes séchés à 60°C/ Ciprofloxacine offre un potentiel prometteur pour améliorer les traitements antimicrobiens et réduire les effets indésirables des antibiotiques.

D'après nos résultats, *Iris unguicularis* (rhizomes) est une plante endémique Algérienne riche en composés phénoliques, caractérisée par sa forte capacité antioxydante et antimicrobienne, en particulier, en mode de séchage à 60°C. Ces résultats restent préliminaires, peu de travaux sont trouvés en bibliographie. Des études plus approfondies seraient souhaitable, afin d'élargir notre étude, donc les perspectives envisageables:

- Faire d'autres tests pour évaluer l'activité antioxydante
- faire des travaux plus profonds sur les principes actifs de cette espèce surtout l'isolement et la caractérisation des produits purs par différentes techniques et évaluer leurs propriétés antioxydante et antibactérienne afin de déterminer la ou les molécules responsables ces deux effets.
- Evaluation in vitro et in vivo les activités biologiques telles que : activités inflammatoires, anti -Alzheimer, antidiabétiques... etc.
- Identification des molécules actives de cette plante par les méthodes chromatographiques.
- Il est essentiel, ainsi, de mener d'avantage de recherches pour comprendre les mécanismes et déterminer les combinaisons les plus efficaces et sûres sur la synergie entre les antibiotiques et l'extrait de la plante.

# **Références bibliographiques**

## 5- Références bibliographiques

### A

- **Abbas, Basil & Khudor, M. & Najeeb Alkhursan, Raed. (2021).** POULTRY FEED FUNGI A PRACTICAL GUIDE POLUTRY FEED FUNGI A PRACTICAL GUIDE.
- **Abu-Lail, Laila.** An atomic force microscopy study of bacterial adhesion to natural organic matter-coated surfaces in the environment [electronic resource].
- **Aicha Jelleda, Â. F. (2015).** Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes. *Industrial Crops and Products*, 77, 30-35.
- **Akhtar, Tazeem Shakeel, Qaiser Sarwar, Ghulam Muhammad, Sher & Iftikhar, Yasir & Ullah, & Mubeen, Mustansar & Hannan, Abdul. (2017).** Evaluation of fungicides and biopesticides for the control of Fusarium wilt of tomato. *Pakistan Journal of Botany*. 28. 1-18.
- **AKRAB, C., & MOUHADI, Z. (2019).** Evaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits de feuilles d'Urtica dioica L. la Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire: Université Frères Mentouri Constantine 1.
- **Alejandro, (03janvier2020).** *les senteurs duquercy*. Consulté le mai 2024, sur Iris unguicularis - Iris d'Alger: <https://www.senteursduquercy.com/iris-botanique/1453-iris-unguicularis-iris-d-alger.html>
- **Alexopoulos, J. et Mims, C.W. (1979).** Subdivision Zygomycotina. En. *Introductory Mycology*. John Wiley and sons New York.228p
- **AMES B. KAPER, JAMES P. NATARO, ET HARRY L. T. MOBLEY. (2004)** « pathgenic Escherichia coli ». *Nat RevMicrobiol*. Pages 123-140.
- **Aryal, S. (2022).** *Microbe Notes*. Consulté le avril 2024, sur Staphylococcus aureus- An Overview: <https://microbenotes.com/staphylococcus-aureus>.
- **Askun T (2018).** Introductory Chapter: Fusarium: Pathogenicity, Infections, Diseases, Mycotoxins and Management. In:Fusarium: Plant Diseases, Pathogen Diversity, Genetic Diversity, Resistance and Molecular Markers, P 1, 2-12.

- **Avril J.L., Denis F., Dabernat H., Monteil H. (2000).** Bacteriologie clinique. 2<sup>ème</sup> édition Marketing, paris. Pages 148-280.

**B**

- **Bachir NABTI, I. S. (2023).** Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of polyphenols from leaf extracts of a spontaneous phlomis from Northern Algeria. *BATNA JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES*, 10(1), 96-101.
- **Bashir, U. A. (2016).** Phytochemical Screening and Estimation of Antimicrobial Activity of Citrus Peel. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 28, 185-196.
- **Basil, A et Khudor, M. et Alkhursan, Raed. (2021).** POULTRY FEED FUNGI A PRACTICAL GUIDE POLUTRY FEED FUNGI A PRACTICAL GUIDE.
- **BELGACEM, M., & HEMIDECHE, Z. (2023).** Métabolites secondaires, potentiel biologique de *Pituranthos* à balai et toxicité respiratoire d'Armoise des champs. *mémoire de mastre*. Tébessa, Biochimie Appliquée: Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi.
- **BENABIED, N., SOUAADI, A., & KADJOU DJ, M. (2022).** Contribution à l'étude des métabolites secondaires et leurs activités biologiques de *Salvia officinalis* L. *mémoire de master*. MILA, Biotechnologie Végétale: Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF.
- **Benckekhchoukh, L., & Doubal, K. (2021).** Screening phytochimique et l'évaluation de l'activité antioxydante de quelques plantes médicinales. *mémoire de mastre*. Béjaia, Biologie Physico- Chimique: Université A. MIRA.
- **BENRAMDANE, E., & Laetitia, D. (2016).** SCREENING PHYTOCHIMIQ ET EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES EXTRAITS BRUTS DES FEUILLES DE LOLIVIER LAPERRINE (*OLEA EUROPAEA* SUBSP. *LAPERRINEI* BATT. ET TRAB.). *mémoire de mastre*. TIZI-OUZOU, biochimie appliquée: Université MOULOUD MAMMERI.
- **Bensari, S. (2021).** Etude et valorisation des plantes médicinales algériennes; Contribution à une enquête ethnobotanique et investigations phytochimiques et biologiques sur les deux plantes: *Iris unguicularis* Poir. et *Dittrichia*

viscosa (L.) Greuter. *thèse* . Biochimie Appliquée, algérie : Université Frères Mentouri Constantine 1 .

- **Berkmen, M. a. (2016).** *small things considered*. Consulté le avril 2024, sur How did E. coli get named K-12 ?
- **Blanco, M.C.S.G. & Ming, Lin & Marques, Marcia & Bovi, O.A. (2002).** Drying temperature effects in peppermint essential oil content and composition. *Acta Horticulturae*. 569. 95-98
- **BOTTON B., BRETON A., FEVRA M., GAUTIDER S., GUY PH., LARPENT J.P., REYMOND P., SANGLIER J.J., V AYSSIERY Y. et VEAU P. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Edition Masson, Paris. Pages : 11 , 108,215- 220.
- **Boukhatem. L. (2013).** Etude de la sensibilité aux antibiotiques des bacilles à Gram négatif non fermentant isolés au niveau du service de réanimation du CHU de Tlemcen, Microbiologie , Université AboubekerBelkaid Tlemcen p10.
- **Brianceau, Sylène & Turk, Mohammad & Vorobiev, Eugene. (2013).** Intensification de l'extraction des polyphénols du marc de raisin rouge par champs électriques pulsés. 10.13140/RG.2.1.1561.6404.
- **Britannica, t.E. (2024).** *BRITANNICA*. Consulté le Avril 02, 2024, sur alkaloid: <https://www.britannica.com/science/alkaloid>

## C

- **Carip,C,(2008).** Microbiologie hygiène bases microbiologiques de la diététique. Editions médicales internationales, paris.

## D

- **Daoudi, A., Bammou, M., Haloui, Z., Ibijbijen, J., & Nassiri, L. (2017).** Activite Antifongique Des Extraits Aqueux De Calendula Officinalis L, Urginea Maritima (L.) Baker Et Chenopodium Ambrosioides L. *European Scientific Journal*, 13(24), 483-497.
- **Das, A. K. (2020).** Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, 135, 58–70.

- **DONATIEN, K. (2009).** ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE DE SIX PLANTES MÉDICINALES MALIENNES - EXTRACTION, IDENTIFICATION D'ALCALOÏDES - CARACTÉRISATION, QUANTIFICATION DE POLYPHÉNOLS : ETUDE DE LEUR ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE. *thèse de doctorat*. FRANCE, CHIMIE ORGANIQUE: UNIVERSITE DE BAMAKO.
- **Douichine, Z., Mesnadi, c., & Douib, S. (2022).** Etude de l'activité antibactérienne et antioxydante de quatre plantes médicinales. *mémoire de mastre*. Tébessa, Microbiologie Appliquée: Université Larbi Tébessi.

### E

- **Eyenga, M., Youovop, J. F., Ngondi, J. L., Sindic, M. (2020).** Temperature dependent studies on nutritional, total polyphenols, flavonoids content and antioxidant activities of *Aframomum citratum* (C.Pereira) K.Schum and *Tetrapleura tetraptera* (Schum. & Thonn.) Taub. *Fruits* », *BASE* 24(4), 207-220.

### F

- **FARDES, M. (2018).** Antimicrobial compounds from plants. Dans A. Budimir, *Fighting Antimicrobial Resistance* (pp. 273-271). Croatia.
- **Flora Queen . (2019).** Consulté le mai 2024, sur L'histoire et la signification de la fleur d'iris: <https://www.floraqueen.com/fr/blog/lhistoire-et-la-signification-de-la-fleur-diris/france>, s. n. (15 mars 2023). *jardin*. Récupéré sur iris d alger, il fleurit tout l hiver.

### G

- **Gaamoune Sofiane, Nouioua Wafab and Amor Loubnac. (2016).** Evaluation of antioxidant and antifungal activities of methanolic aerial part extract of *Iris unguicularis* Poiret. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 6(4), 18-23.
- **Ghimire, Tirth & Regmi, Ganga Ram & Huettmann, Falk. (2020).** When Micro Drives the Macro: A Fresh Look at Disease and its Massive Contributions in the Hindu Kush-Himalaya. 10.1007/978-3-030-36275-1\_40.
- **Gouvernement de canada. (2012).** Récupéré sur Fiche Technique Santé-Sécurité : Agents Pathogènes – *Bacillus cereus* : <https://www.canada.ca/fr/sante->

publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/bacillus-cereus.html

- **GROSJEAN J. et PASQUIER C. (2009).** Bactériologie et virologie pratique. 11ème édit De Boeck s.a Bruxelles, p.128.
- **Guellier, N. (2024).** *Jardin & Binette*. Consulté le mai 2024, sur Iris d'Alger (Iris unguicularis), iris d'hiver: <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-3682-iris-alger.html>
- **Guery, B. e. (2005).** *croicences bactériologiques*. Consulté le Avril 2024, sur Mode de reproduction : Bactérie: <http://croissbact.free.fr/bacterie.php>
- **Guiné, Raquel & Correia, Paula & Correia, Ana & Gonçalves, Fernando & Brito, Mariana & Ribeiro, Jessica. (2017).** Effect of Drying Temperature on the Physical-Chemical and Sensorial Properties of Eggplant (*Solanum Melongena L.*). *Current Nutrition & Food Science*. 13. 1-1. 10.2174/1573401313666170316113359
- **Guiné, Raquel & Correia, Paula & Correia, Ana & Gonçalves, Fernando & Brito, Mariana & Ribeiro, Jessica. (2017).** Effect of Drying Temperature on the Physical-Chemical and Sensorial Properties of Eggplant (*Solanum Melongena L.*). *Current Nutrition & Food Science*. 13. 1-1. 10.2174/1573401313666170316113359
- **Gupta Kumar VK and Tuohy MG (2019).** Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi ,p202, 205, 211 , -561
- **Gustafson J.E., Liew Y.C., Chew S., Markham J.L., Bell H.C., Wyllie S.G. and Warmington J.R. (1998).** Effects of tea tree oil on *Escherichia coli*. *Letters in Applied Microbiology*, 26, pp: 194-198.

## H

- **Haioun, A., & Hamoud, i. F. (2015).** Activité antioxydante et anti-inflammatoire de la plante médicinale Algérienne *Anethium graveolens* et leur effet cardioprotectrice contre la toxicité. Constantine, Biologie animale: Université des Frères Mentouri .
- **Halla, F., Haddouchi, T., & Chaouche, N. (2016).** Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*, 10.1007/s10298-016-1086-8.

- **HAMRI, A., & BRINIS, A. (2018).** Effets antimicrobiens des extraits de *Thymus vulgaris* chez *Candida albicans* responsable des infections uro-génitales. *Mémoire de mastre*. Mostaganem, Microbiologie Fondamentale: Université Abdelhamid Ibn Badis.
- **Haque, Md & Quan, Hongkun & Zuo, Zonghui & Khan, Ahrar & Siddique, Naila & He, Cheng. (2020).** Pathogenicity of Feed-Borne *Bacillus Cereus* and Its Implication on Food Safety. 10.47278/journal.abr/2020.015.
- Helander I. M., Alakomi H.-L., Latva-Kala K., Mattila-Sandholm T., Pol I. and Smid E. J.(1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gramnegative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, pp: 3590-3595
- **HELLAL, Z. (2011).** Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). *magistre*. TIZI-OUZOU, Biochimie Appliquée et Biotechnologies: UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI.
- **Hilmer, S.N., Wilson, N.M., March, L., Cameron, I.D., Lord, S.R., Seibel, M.J., Mason, R.S., Chen, J., Cumming, R.G., & Sambrook, P.N. (2011).** Associations Between Drug Burden Index and Falls in Older People in Residential Aged Care. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59.
- **Hocquette A ., Grondin M ., Bertout S and Mallié M (2005).** champignons des genres *Acremonium*, *Beauveria*, *Chrysosporium*,*Fusarium*,*Onychocola*,*Paecilomyces*,*Penicillium* *Scedosporium* et *Scopulariopsis* Responsables de hyalohyphomycoses .*Acremonium*, *Beauveria*,*Chrysosporium*,*Fusarium*,*Onychocola*,*Paecilomyces*,*Penicillium*, *Scedosporium* And *Scopulariopsis* Fungiresponsible for hyalohyphomycosis,p139-149.

I

- **Idris, N. A., Yasin, H. Y., Usman, A. (2019).** Voltammetric and spectroscopic determination of polyphenols and antioxidants in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) *Heliyon* 5 (5) doi: 10.1016/j.heliyon. 2019.e01717
- **INSTITUT PASTEUR. (2021).** Consulté le Mai 2024, sur L'ASPERGILLOSE PULMONAIRE INVASIVE EST LA TROISIÈME CAUSE D'INFECTION

FONGIQUE INVASIVE EN FRANCE.: <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/aspergillose>.

- **Islam, Md & Kabir, S. M. Lutful & Seel, S. (2016).** Molecular detection and characterization of Escherichia coli isolated from raw milk sold in different markets of Bangladesh. *Bangl. J. Vet. Med.*, 14, 271-275.

J

- **JUVEN B.J., KANNER J., SCHVED F. & WEISSLOWICZ H. (1994).** Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *Journal of Applied Bacteriology*, 76, 626-631.

K

- **KADDOURI, S., & DELLAL, F. (2023).** Etude de l'activité antibactérienne des extraits de la sauge (*Salvia officinalis*) récoltée dans la région de Tissemsilt. *mémoire de mastre acaémique*. Tissemsilt, Microbiologie appliquée: Université de Tissemsilt.
- **Kashif, G., & Al Juhaimia, F. Ö. (2020).** Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. *LWT - Food Science and Technology*, 126, 109354.
- **Khan RB, Merchant TE, Boop FA et al. (2013).** Maux de tête chez les enfants atteints de craniopharyngiome. *Journal de neurologie infantile*;28(12):1622-1625. est ce que je: 10.1177/0883073812464817
- **KRIEF, S. (2003).** MÉTABOLITES SECONDAIRES DES PLANTES ET COMPORTEMENT ANIMAL :SURVEILLANCE SANITAIRE ET OBSERVATIONS DE L'ALIMENTATION DE CHIMPANZÉS (*Pan troglodytes schweinfurthii*) EN OUGANDA ACTIVITÉS BIOLOGIQUES ET ÉTUDE CHIMIQUE DE PLANTES CONSOMMÉES. *THESE DE DOCTORAT*. OUGANDA, ÉCOLOGIE ET CHIMIE DES SUBSTANCES NATURELLES: MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE.
- **Kukula-Koch, W., Sieniawska, E., Widelski, J. (2015).** Phytochem Principaux métabolites secondaires d' Iris spp. *Rev 14* , 51–80 HYPERLINK "<https://doi.org/10.1007/s11101-013-9333-1>" <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9333-1>

L

- *la petite boutique verte.* (2023). Consulté le mai 2024, sur IRIS PLANTE ET FLEUR: <https://boutique-verte.fr/notre-specialite/iris-plante-et-fleur.html>
- **Lambert R.J.W., Skandamis P.N., Coote P. and Nychas G.-J.E. (2001).** A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 91, pp: 453-462.
- *Le jardin de picvert.* Iris dalger: <https://www.jardindupicvert.com/bulbes-et-semences/iris-d-alger.html> (Consulté le MAI 2024).
- **LE LOIR ,Y.,GAUTIER, M,(2010).**Staphylococcus aureus. Jean-Paul larpent ,paris
- **Loannou I, Kriznik A, Chekir L, Ghoul M. (2019).** Effect of the Processing Temperature on the Degradation of Food Flavonoids: Kinetic and Calorimetric Studies on Model Solutions. *J. Food Eng. and Technol*; 8(2):91-102.

M

- **MACHIELS D., I. L. (2002).** La réaction de Maillard importance et applications en chimie des aliments. *Service de Nutrition des Animaux Domestiques*, 347(352), 146.
- **MAHIMOUD Manel ., Kemmouche Nour Djihane. (2023).** Application et évaluation de quelques stratégies de lutte contre la résistance bactérienne ; activités antibactérienne et antibiofilm de l'extrait et de l'huile essentielle de *Laurus nobilis*. constantine, biologie appliquée: université des frères Mentouri.
- **Marijon,A., Buffaz,C.,Hodille,E.,Jourdy.,Louvrier,C.(2020).**parasitologie et mycologie médicale. 2 éme édition. De boeck supérieure, paris
- **Marref, S. E. (2018).** Contribution à l'étude des activités biologiques de l'extrait méthanolique de la plante *Gladiolus segetum* in vivo et in vitro. *THESE DE DOCTORAT TROISIEME CYCLE*. BATNA, Biologie des Organisme: UNIVERSITE MUSTAFA BEN BOULAID.
- **Mebark, i. L. (2016).** Recherche d'activité biologique de molécules végétales pour la lutte contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *thèse de doctorat en science*. Oran, Biotechnologie: Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

- **Moncef Boufellous, H. E.-H. (2018).** SCREENING PHYTOCHIMIQUE D'UNE PLANTE MEDICINALE: MENTHA SPICATA L. *academicjournals.org/journal/AJPP/article.../C347DAC33059*, 7(4): 226-233.
- **Mubbunu, Lumamba & Simukoko, Humphrey & Hang'ombe, Mudenda & Mwaanga, Edwell. (2023).** Effects of Angiotensin-converting Enzyme Inhibitors and Angiotensin II Receptor Blockers on the Immune System of Pseudomonas aeruginosa Challenged Hamsters. *Asian Pacific Journal of Health Sciences*. 10. 31–36. 10.21276/apjhs.2023.10.2.08.

N

- **NAUCIEL C.et VILDE JEAN-LOUIS., (2005)** : Bactériologie médicale .Edition Masson ; 2- 294-01858-3, p77-80.New York, N.Y.

O

- **Oosterhaven, K., Poolman B. and Smid E.J. (1995).** S-carvone as a natural potato sprout inhibiting, fungistatic and bacteristatic compound. *Industrial Crops and Products*, 4, pp : 23-31.

P

- **Pacôme, S. G., & Augustin, A. A. (2018).** Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : Azadirachta indica et Psidium guajava. *la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 046, 50 - 58.
- **Pandey, A. K. (2011).** Evaluation of Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis of Citrus limon. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 13(17).
- **Pasesport santé. (2023).** Récupéré sur Candida albicans : définition, rôle, candidose: <https://www.passeportsante.net/fr/parties-corps/Fiche.aspx?doc=candida-albicans-presence-fonction-traitements>
- **Pauline, R. (2019).** DE LA BIOSYNTHESE DES FLAVANOLS AUX TANINS DU VIN : QUELLE PLACE POUR LES PÉPINS DE RAISIN ? *thèse de doctorat. ŒNOLOGIE: ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA SANTÉ.*

R

- **R. BEN ABDALLAH, R. (2019).** EVALUATION IN VITRO DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE ET ANTIFONGIQUE DE QUATRE ESPECES ALGALES MARINES. *Article Origina*(31), 38 - 44.
- **Ragab, Tarek & Rady, Amgad & Mahmoud, Muhammad. (2021).** The antimicrobial effect of Bacillus secondary metabolites on the human pathogen.. 10.13140/RG.2.2.32627.04642.
- **Rahila, C., Azzi, i. E., & Tires, A. T. (2022).** Étude de l'effet antibactérienne et antioxydant de deux plantes médicinales ( *satureja candidissima* et *nepeta nepettela*). *mémoire de mastre*. Microbiologie Appliqué, Ain Temouchent: Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib.

### S

- **Sanders, P. (2005).** Antibiotic resistance in veterinary medicine: Impact on public health and animal health. *Veterinary Quarterly*, 27(2), 98 105. Sciences de la Vie et de la Terre.
- **Sanogo R. (2006).** Le Rôle des Plantes Médicinales en Médecine Traditionnelle. Développement, Environnement et Santé. 10ème école d'été de l'IEPF et SIFEE du 06 au 10 juin 2006, 53 p.
- **Sara HIMOUR, A. Y. (2016).** Etude phytochimique de feuilles d'*Olea europaea* L. var Chemlel d'Algérie. *Journal of Bioresources Valorization*, 1(1), 34-38.
- **Serigne Ibra Mbacke, D. A.-B. (2017).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro ethanoliques des feuilles et écorces de *Piliostigma thonningii* Schumach. *International journal of biological and chemical sciences*, 11(2), 768-776.
- **Sibanda, T., Okoh, A. I. (2007).** The challenges of overcoming antibiotic resistance: Plant extracts as potential sources of antimicrobial and resistance modifying agents. *African Journal of Biotechnology*., 6(25), 2886-2896.
- **Stéphane. (2021).** *gerbeaud*. Consulté le mai 2024, sur Iris d'Alger, *Iris unguicularis*: <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/iris-alger-unguicularis-culture,1580.html>.

### T

- **Thi Kieu, T. D. (2016).** EVALUATION DES PERFORMANCES DE LA CHROMATOGRAPHIE SUR COUCHE MINCE HAUTE PERFORMANCE (HPTLC) DANS L'ANALYSE (QUALITATIVE ET QUANTITATIVE) DES METABOLITES SECONDAIRES DANS LES EXTRAITS NATURELS. *thèse de doctorat*. CHIMIE: UNIVERSITE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS.
- **TOKOUDAGBA, K. J., & RAFIATOU BAGABIN A. ASSANHO, N. I.-M. (2024).** CYTOTOXICITE IN VITRO ET ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES FRACTIONS DE L'EXTRAIT HYDRO ETHANOLIQUE DE ABRUS PRECATORIUS (FABACEAE). *Journal de la Société de Biologie Clinique du Bénin*(045), 1-7.

U

- **Ultee A., Bennink M.H.J. and Moezelaar R. (2002).** The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (4), pp: 1561-1568.
- **ULTEE A., KETS E.P.W. & SMID E.J. (1999).** Mechanism s of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 174 (4), 233-238.

V

- **VILLAÑO, D., FERNANDEZ-PACHON, M. S., MOYA, M. L., TRONCOSO, A. M. & GARCIA-PARRILLA, M. C. (2007).** Radical scavenging ability of polyphenolic compound towards DPPH free radical. *Talanta*.

W

- **Wang, H., Yanmei, C., Changqi, Zhao. (2010).** Flavonoids of the Genus *Iris* (Iridaceae). *Mini-Rev.Med.Chem.* 10, 643-661.
- **Wendakoon C.N.et Sakaguchi M. (1995).** Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components in spices. *J. Food Prot.* Vol. 58, pp: 280- 283.
- **Wichtl M., Anton R. (2003).** *Plantes thérapeutique\_Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique.* Tec et Doc et EMI.

# **Annexes**

**Annexe1 Réactifs utilisés****Réactif de MAYER**

Chlorure de mercure.....1,36 g

Iodure de potassium.....5 g

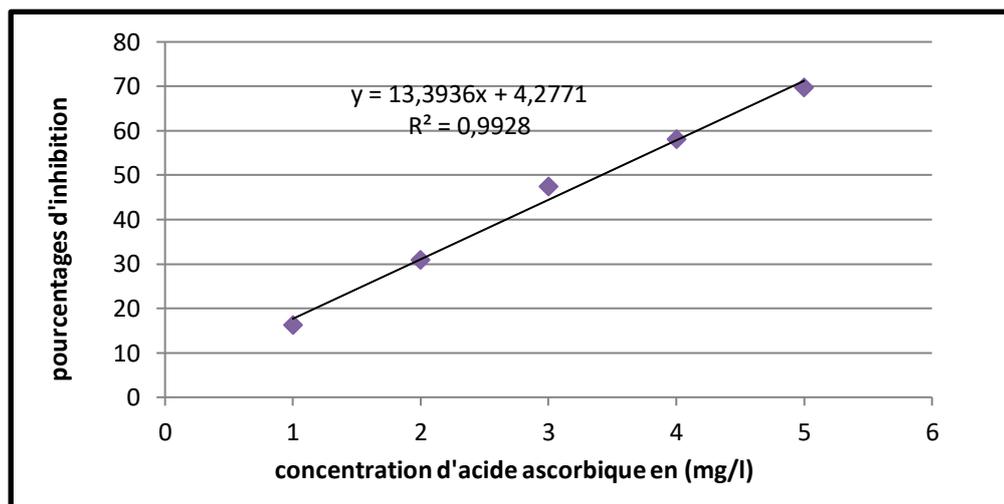
Eau distillée.....qsp 100 ml

**Réactif de WAGNER**

Iodure de potassium.....2 g

Iode.....1,27 g

Eau distillée.....qsp 100 ml

**Annexe2 Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique****Annexe3 Milieu de culture****Milieu Potato-Dextrose-Agar (P.D.A)**

Agar-agar .....20g.

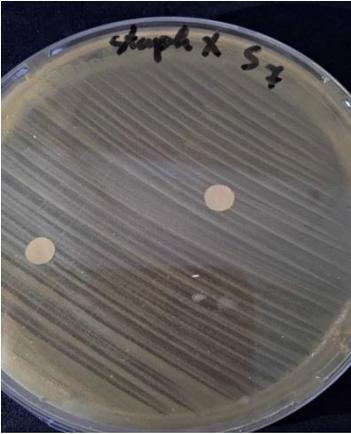
Pomme de terre .....200g.

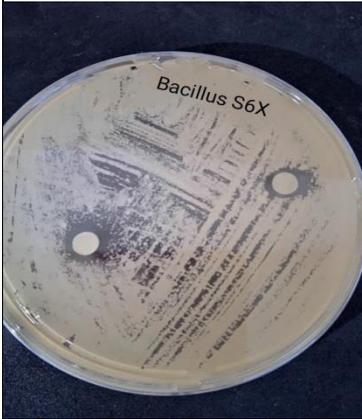
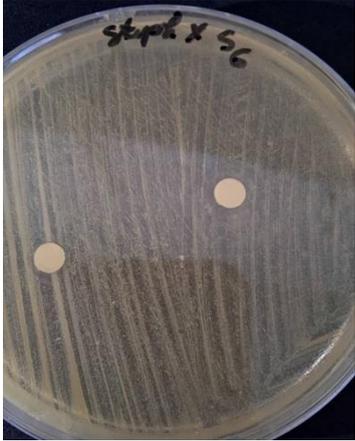
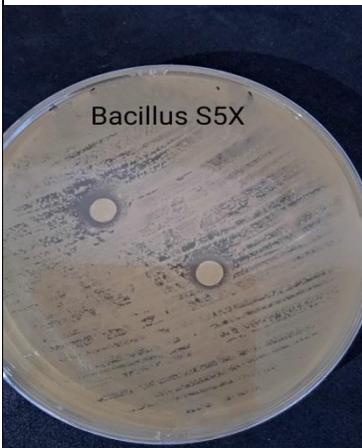
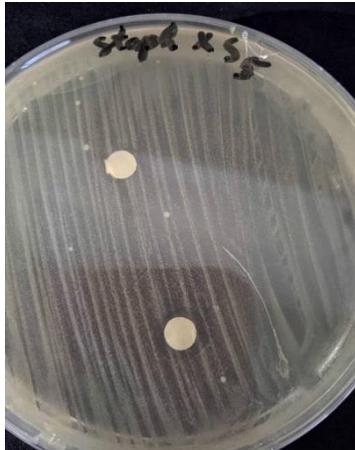
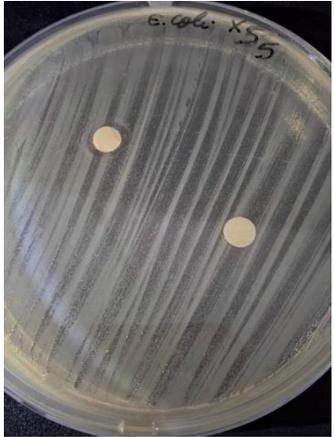
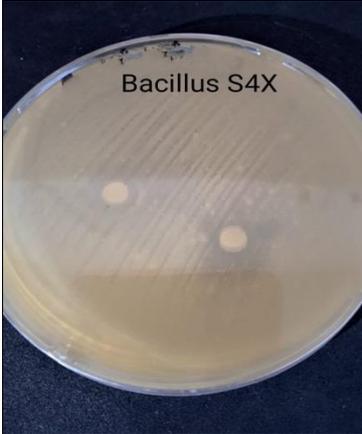
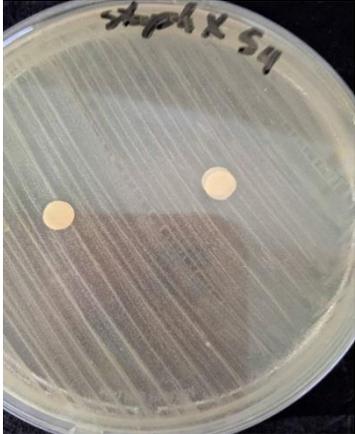
Dextrose..... 20g.

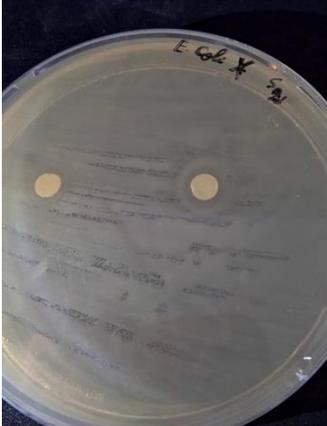
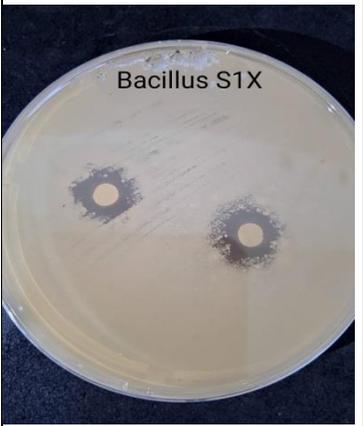
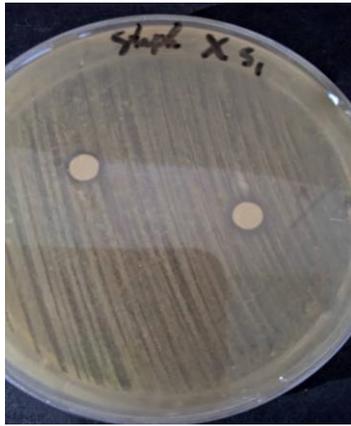
Eau distillée ..... 1L.

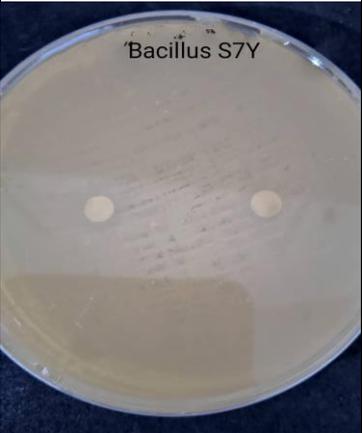
Laver, couper en morceaux les pommes de terre, les faire cuire, filtrer, ajouter l'agar, dextrose le puis ajuster la quantité d'eau. Autoclaves 20 minutes à 120°C.

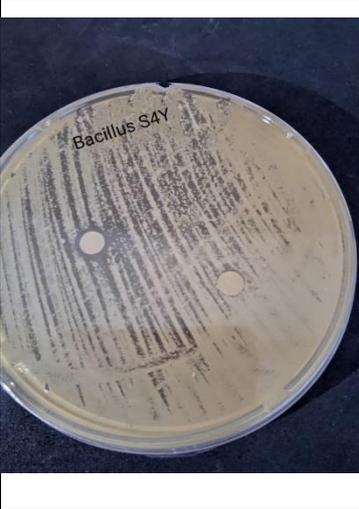
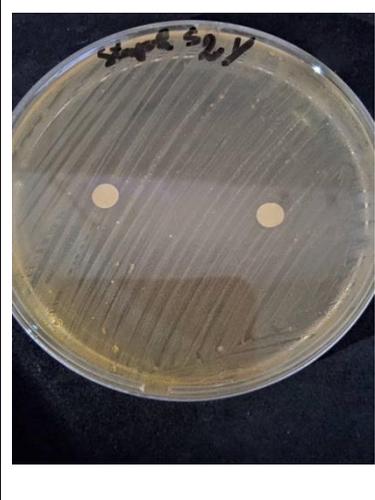
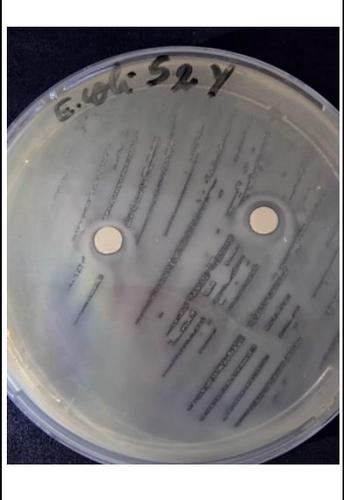
**Annexe4 Des illustrations montrent la CMI des deux extraits de la plante *Iris unguicularis* vis-à-vis les souches étudiées**

|   | [C]<br>mg/ml | Souches Bactériennes   |                              |                             |
|---|--------------|--|------------------------------|-----------------------------|
|   |              | <i>Bacillus subtilis</i>   | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Escherichia coli</i>     |
| Extrait des<br>rhizomes<br>séchés à<br>60°C | 1.25         |   | Aucune zone<br>d'inhibition  | Aucune zone<br>d'inhibition |
|   | 2.5          |   | Aucune zone<br>d'inhibition  | Aucune zone<br>d'inhibition |
|   | 5            |   | Aucune zone<br>d'inhibition  | Aucune zone<br>d'inhibition |

|           |   |  |   |
|-----------|---|--|---|
| <p>10</p> |    |    | <p>Aucune zone d'inhibition</p>   |
| <p>20</p> |   |   |   |
| <p>40</p> |  |  |  |

|     |   |  |   |
|-----|---|--|---|
| 80  |  <p>Bacillus S3X</p>   |  <p>Staph X S3</p>   |  <p>E. coli X S3</p>   |
| 120 |  <p>Bacillus S2X</p>  |  <p>Staph X S2</p>  |  <p>E. coli X S2</p>  |
| 160 |  <p>Bacillus S1X</p> |  <p>Staph X S1</p> |  <p>E. coli X S1</p> |

|   |           |   |  |   |
|---|-----------|---|--|---|
| <p><b>Extrait<br/>des<br/>rhizomes<br/>séchés à<br/>l'air libre</b></p> | <p>5</p>  |    | <p>Aucune zone<br/>d'inhibition</p>  | <p>Aucune zone<br/>d'inhibition</p>   |
|   | <p>10</p> |   | <p>Aucune zone<br/>d'inhibition</p>  |   |
|   | <p>20</p> |  |  |  |

|     |   |  |  |
|-----|---|--|--|
| 40  |  <p>Bacillus S4Y</p>   |  <p>staph. S4Y</p>   |  <p>E. coli S4Y</p>   |
| 80  |  <p>Bacillus S3Y</p>  |  <p>staph. S3Y</p>  |  <p>E. coli S3Y</p>  |
| 120 |  <p>Bacillus S2Y</p> |  <p>staph. S2Y</p> |  <p>E. coli S2Y</p> |

160



# Abstract

**Abstract**

*Iris unguicularis* is a medicinal plant belonging to the Iridaceae family. This species known as «*Iris* of Algiers», is widespread in the northeast of Algeria. In order to better understand our medicinal plant traditionally used by the population, this work focuses on the study of the drying effect of *Iris unguicularis* (rhizomes), on the chemical quality and the determination of different biological activities. Two different drying conditions were applied to the rhizomes of the plant (drying at 60°C and in the open air). The two tested extracts are obtained by maceration, using ethanol as a solvent. Extract from rhizomes dried at 60°C gives higher yield (30%). Quantitative estimation of flavonoids and total polyphenols by the colorimetric assay method showed that both extracts are rich in these compounds. The evaluation of the antioxidant power was carried out using the method: trapping of the free radical DPPH. The results showed good efficacy for dried extract at 60°C with IC<sub>50</sub>=7.94 µg/ml. The extracts were screened for antimicrobial activity in vitro against four pathogenic bacteria strains and three fungal strains, using the diffusion method on agar medium. The results showed that the hydro-ethanolic extract of the rhizomes of *Iris* exerts some antibacterial activity with diameters of zones of inhibition variants against the strains *B.subtilis* , *S.aureus* and *E.coli*. Moreover, No inhibition was recorded against *Pseudomonas aeruginosa* and fungal strains. Regarding the combination concept (extract/antibiotic), we note that our results vary between synergy and antagonism, whose synergistic effect is marked only in the association of extract of dried rhizomes at 60°C with Ciprofloxacin 5µg (the family of fluoroquinolones).

**Keywords:** *Iris unguicularis*, rhizomes, drying effect, phytochemical screening, biological activities, synergistic effect.

# الملخص

## الملخص

*Iris unguicularis* هو نبات طبي ينتمي إلى عائلة *Iridaceae*. ينتشر هذا النوع المعروف باسم « *Iris d'Alger* » في شمال شرق الجزائر. من أجل فهم أفضل لنباتنا الطبي المستخدم تقليدياً من قبل السكان، يركز هذا العمل على دراسة تأثير التجفيف لجذوم *Iris unguicularis* على الجودة الكيميائية وتحديد الأنشطة البيولوجية المختلفة. تم تطبيق شرطين مختلفين للتجفيف على جذوم النبات (التجفيف عند 60 درجة مئوية وفي الهواء الطلق). يتم الحصول على المستخلصين المختبرين عن طريق النقع، باستخدام الإيثانول كمذيب. يعطي المستخلص من الجذور المجففة عند 60 درجة مئوية عائداً أعلى (30%). أظهر التقدير الكمي للفلافونويد والبوليفينول الكلي من خلال طريقة فحص الألوان أن كلا المستخلصين غنيان بهذه المركبات. تم تقييم الطاقة المضادة للأكسدة باستخدام الطريقة: محاصرة الجذور الحرة (DPPH) أظهرت النتائج فعالية جيدة للمستخلص المجفف عند 60 درجة مئوية مع  $IC_{50} = 7.94$  ميكرو جم/مل. تم فحص المستخلصات بحثاً عن النشاط المضاد للميكروبات في المختبر مقابل أربع سلالات من البكتيريا المسببة للأمراض وثلاث سلالات فطرية، باستخدام طريقة الانتشار على وسط الأجار. أظهرت النتائج أن المستخلص المائي الإيثانولي لجذوم *Iris* يمارس بعض النشاط المضاد للبكتيريا مع أقطار من مناطق متغيرات التثبيط ضد السلالات *B.subtilis*، *S.aureus* و *E.coli* علاوة على ذلك، لم يتم تسجيل أي تثبيط ضد *P. aeruginosa* والسلالات الفطرية. فيما يتعلق بمفهوم التركيب (المستخلص/المضاد الحيوي)، نلاحظ أن نتائجنا تختلف بين التآزر والعداء، الذي يتميز تأثيره التآزري فقط في ارتباط مستخلص الجذوم المجففة عند 60 درجة مئوية مع Ciprofloxacin: 5 ميكرو جم/مل (عائلة الفلوروكينولون)

**الكلمات المفتاحية:** *Iris unguicularis*، جذوم، تأثير التجفيف، الفحص الكيميائي النباتي، الأنشطة البيولوجية، التأثير التآزري

|   |  |
|---|--|
| Université Frères Mentouri Constantine 1<br>Département de <b>Biologie Appliquée</b>  | <b>Présenté par :</b> CHIBANI Nihad<br>ZEBIRI Ghada Rima |
| <b>Effet de séchage sur la qualité chimique, l'activité biologique et l'effet synergique des rhizomes de la plante endémique <i>Iris unguicularis</i> vis-à-vis quelques antibiotiques.</b>   |  |
| <b>Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master professionnel en Microbiologie et hygiène hospitalière</b>   |  |
| <p><b>Résumé</b></p> <p><i>Iris unguicularis</i> est une plante médicinale appartenant à la famille des <i>Iridaceae</i>. Cette espèce connue sous le nom de « <i>Iris</i> d'Alger », est répandue dans le nord-est algérien. Dans le but de mieux connaître notre plante médicinale utilisée traditionnellement par la population, ce travail porte sur l'étude de l'effet de séchage d'<i>Iris unguicularis</i> (rhizomes), sur la qualité chimique et la détermination des différentes activités biologiques. Deux différentes conditions de séchage ont été appliquées sur les rhizomes de la plante (séchage à 60°C et à l'air libre). Les deux extraits testés sont obtenus par macération, en utilisant l'éthanol comme un solvant. L'extrait des rhizomes séchés à 60°C donne le rendement plus élevé (30%). L'estimation quantitative des flavonoïdes et des polyphénols totaux par la méthode de dosage colorimétrique a montré que les deux extraits sont riches en ces composés. L'évaluation du pouvoir antioxydant a été réalisée en utilisant la méthode : piégeage du radical libre DPPH. Les résultats obtenus ont montré une bonne efficacité pour l'extrait séché à température 60°C avec CI50=7,94 µg/ml. Les extraits ont été soumis à un criblage pour leur activité antimicrobienne in vitro, vis-à-vis quatre souches de bactéries pathogènes et trois souches fongiques, en utilisant la méthode de diffusion sur milieu gélosé. Les résultats ont montré que l'extrait hydro-éthanolique des rhizomes d'<i>Iris</i> exerce une certaine activité antibactérienne avec des diamètres de zones d'inhibition variantes contre les souches <i>B. subtilis</i>, <i>S.aureus</i> et <i>E.coli</i>. Par ailleurs, aucune inhibition n'a été enregistrée contre <i>Pseudomonas aeruginosa</i> et les souches fongiques. Concernant le concept de combinaison (extrait/antibiotique), on remarque que nos résultats varient entre la synergie et l'antagonisme, dont, l'effet synergique est marqué seulement dans l'association d'extrait des rhizomes séchés à 60°C avec Ciprofloxacine 5µg (la famille des fluoroquinolones).</p> <p><b>Les mots clés :</b> <i>Iris unguicularis</i>, rhizomes, Effet de séchages, screening phytochimique, activités biologique, effet synergique.</p> |  |
| <b>Laboratoires d'accueil:</b> Laboratoire de biologie végétale, FSNV- Université Frère Mentouri Constantine 1 et laboratoire de Mycologie, biotechnologie et de l'activité microbienne (LAMYBAM) à CHAAB RSSAS.  |  |
| <b>Président du jury :</b> Dr CHARFIA Radia (M.C.B Université Frères Mentouri Constantine 1).<br><b>Encadrant :</b> Dr BATAICHE Insaf (M.C.A Université Frères Mentouri Constantine 1).<br><b>Examineur(s) :</b> Dr HARZALLAH Besma (M.C.A Université Frères Mentouri Constantine 1).   |  |
| <b>Année universitaire : 2023-2024</b>  |  |