



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة 1 كلية العلوم الطبيعية والحياة

قسم البيوتكنولوجيا وعلم البيئة الفلاحية

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTHECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIE

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master académique en  
Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

**Analyse chimique des parties aériennes et souterraines  
d'*Echinops spinosus* et évaluation de leurs activités  
antimicrobiennes**

**Présenté par :**

**CHANANE Hidayet**

**CHERIF Djouher**

**FERDJIOUI Meroua**

Soutenu publiquement le : 18 septembre 2023

**Devant les membres du jury :**

Dr BENDALI ABDELAZIZ	Université Blida 1	Président
Dr GHANAI RAFIKA	Université Blida 1	Examinatrice
Dr AYADI RADIA	Université Blida 1	Promotrice
Dr NAKKAB SELMA	Université Blida 1	Co- promotrice

**Promotion : 2022/2023**

«وقل رب زدني علما»

« *Et dis : "Ô mon Seigneur, accroît mes connaissances" »<sup>A</sup>*

---

<sup>A</sup> 114 طه; Taha verset 144

## *Dédicaces*

 *Je dédie ce modeste travail*

*À mes chers parents que ce travail soit le témoin de vos sacrifices,  
À mon frère et mes chères sœurs,  
À mes chers grands-parents,  
À tous mes amies et toutes les personnes qui me sont chères,  
À tous ceux qui m'ont aidé dans mon travail de près ou de loin ;  
À mon trinôme Djouher et Meroua.*

*Chanane Hidayet*



 *À ma chère famille qui est la source de mon bonheur ;*

*À mon père, ta bienveillance et ta sagesse m'ont guidé tout au long de ma vie, et  
je suis fier d'être ta fille ;*

*À ma mère, ton amour inconditionnel et ta tendresse m'ont donné la force de  
poursuivre mes rêves ;*

*À mes frères, ma sœur et à mes belles sœurs, nos liens indéfectibles sont un cadeau  
précieux qui illumine chaque jour de ma vie.*

*À mes chères petites nièces Maram et Nour pour leur amour inconditionnel*

*À mon modèle, Mr Abdelhalim de m'avoir aidé, orienté et conseillé surtout*

*À tous ceux qui m'ont aidé dans mon travail de près ou de loin ;*

*À mon trinôme Meroua et Hidayet*

*Enfin, je remercie toutes mes amies surtout Sabrina, Yasmina, Chahira ...*

*Cette dédicace est un témoignage de mon affection profonde et de ma gratitude  
éternelle envers vous tous. Je vous aime plus que les mots ne pourraient  
l'exprimer.*

*Avec tout mon amour.*

*Cherif Djouher*



 *Je dédie ce modeste travail*

*À mes très chers parents, qui ont toute ma gratitude pour leur sacrifice éternel  
et qui ont fait tout leur possible pour la réussite de mes études ;*

*À mes chers frères et mon adorable sœur ;*

*À ma cousine Zerguine Manel bien-aimée, votre amour est ma force et ma  
lumière. Je vous chéris à jamais ;*

*À Badereddine Chaima, Boulmicha Hadjer et Touati Ikram pour leurs  
encouragements et leur soutien ;*

*À toutes mes amies, et surtout Asma, Nada et Romaïssa ;*

*À tous ceux qui m'ont aidé dans mon travail de près ou de loin ;*

*À mon trinôme Hidayet et Djouher*

*Ferdjioui Meroua*

## Remerciements

*Nos premiers remerciements vont à Dieu le tout puissant qui a dit :*

﴿ يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ ۗ وَإِذَا قِيلَ انشُرُوا فَانشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۗ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴾

### المجادلة الآية 11

*Nous le remercions de nous avoir donné le courage et la capacité de terminer ce travail.*

*Nos sincères remerciements et notre entière gratitude à notre promotrice Madame AYADI RADIA, pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, sa patience illimitée et sa rigueur professionnelle.*

*Nous remercions également notre Co-promotrice Madame NAKKAB SELMA qui nous a aidé et orienté durant cette étude.*

*Nos remerciements à Monsieur BENDALI ABDELAZIZ pour avoir accepté de présider le jury.*

*Merci également à Madame GHANAI RAFIKA, pour son acceptation d'examiner notre travail.*

*Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail surtout Amo DJAMEL, Amo YUCEF et Mr ABDELAZIZ.*

# Analyse chimique des parties aériennes et souterraines d'*Echinops spinosus* et évaluation de leurs activités antimicrobiennes

## Résumé

Notre étude pour objectif la valorisation de l'espèce *Echinops spinosus*, une plante spontanée de la famille des *Asteraceae*. Nous avons analysé sa composition chimique et évalué son activité antimicrobienne sur ses deux parties aériennes et souterraines. Les résultats ont montré une présence d'alcaloïdes, de polyphénols et une quantité modérée de quinones et de coumarines dans les extraits des parties aériennes et souterraines. L'extrait chloroformique de la partie aérienne obtenu par macération a présenté le rendement le plus élevé (65,9%) et a démontré un pouvoir antimicrobien supérieur aux autres extraits. Ces résultats confirment le potentiel thérapeutique d'*Echinops spinosus* en tant qu'agent antimicrobien, ouvrant ainsi de nouvelles possibilités pour son utilisation dans la médecine et la pharmacologie.

**Mots clés :** *Echinops spinosus*, métabolites secondaires, analyse phytochimique, activité antimicrobienne.

## Summary

Our study has for objective of the valorization of the species *Echinops spinosus*, a spontaneous plant belonging to the *Asteraceae* family. We analyzed its chemical composition and evaluated its antimicrobial activity on its two aerial and underground parts. The results revealed a presence of alkaloids and polyphenols, and a modest amount of quinones and coumarins in both the aerial and underground parts of the plant. The chloroform extract of the air part obtained through maceration showed the highest yield (65.9%) and exhibited superior antimicrobial properties compared to other extracts. These results confirm the therapeutic potential of *Echinops spinosus* as an antimicrobial agent, opening new possibilities for its use in medicine and pharmacology.

**Keywords:** *Echinops spinosus*, secondary metabolites, phytochemical analysis, antimicrobial activity.

## ملخص

در استننا تهدف إلى تقييم نوع: *Echinops spinosus* وهو نبات طبيعي ينتمي إلى عائلة *Asteraceae*. قمنا بتحليل تركيبه الكيميائي وتقييم نشاطه المضاد للميكروبات على جزئها الهوائية والتحتية. أظهرت النتائج وجودًا لـ Alcaloïdes و Polyphenols، وكميات معتدلة من Quinones و Coumarines في الأجزاء الهوائية والتحتية للنبات. أظهر المستخلص الكلوروفورمي للجزء الهوائي الذي تم الحصول عليه عن طريق النقع أعلى عائد (65.9%) وكان له خصائص مضادة للميكروبات متفوقة مقارنة بالاستخراجات الأخرى. تؤكد هذه النتائج الإمكانيات العلاجية *Echinops Spinopus* كعامل مضاد للميكروبات، مما يفتح آفاقًا جديدة لاستخدامه في الطب والصيدلة.

**الكلمات المفتاحية:** *Echinops Spinopus*، المركبات الثانوية، التحاليل الفيتوكيميائية، النشاط المضاد للميكروبات

# Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	Page
Introduction	01
<b>Partie I : Partie Bibliographique</b>	02
I.1. Généralités sur <i>Echinops spinosus</i>	02
I.1.1. Genre <i>Echinops</i>	02
I.1.2. Espèce <i>Echinops spinosus</i>	02
I.1.2.1. Description botanique	02
I.1.2.2. Classification botanique et appellation	03
I.1.2.3. Composition chimique	03
I.1.2.4. Propriétés d' <i>Echinops spinosus</i>	03
I.1.2.5. Travaux réalisés sur <i>Echinops spinosus</i>	04
I.2. Généralités sur les infections microbiennes et les agents antimicrobiens	05
I.2.1. Infections bactériennes, agent antibiotiques et mécanismes de résistances	05
I.2.2. Infection fongiques, agent antifongiques et mécanismes de résistances	05
I.2.3. Infection virales, agent antiviraux et mécanismes de résistances	06
<b>Partie II : Partie Expérimentale</b>	
II. Matériel et méthodes	07
II.1. Matériel	07
II.1.1. Matériel biologique	07
II.1.1.1. Matériel végétal	07
II.1.1.2. Souches bactériennes	08
II.1.1.3. Souches fongiques	09
II.1.2. Matériel non biologique	09
II.1.2.1. Verrerie	09

II.1.2.2. Appareillage	09
II.2. Méthodes	09
II.2.1. Préparation des extraits	09
II.2.1.1. Extraction par Soxhlet	09
II.2.1.2. Extraction à chaud (Macération)	10
II.2.1.3. Rendement d'extractions	12
II.2.2. Screening chimique (Criblage phytochimique)	12
II.2.2.1. Recherche des alcaloïdes	12
II.2.2.2. Recherche des quinones libres	12
II.2.2.3. Recherche des coumarines	13
II.2.2.4. Recherche des saponosides	13
II.2.2.5. Recherche des tanins	13
II.2.2.6. Recherche des polyphénols	13
II.2.2.7. Recherche des flavonoïdes	13
II.2.2.8. Recherche des sucres réducteurs	13
II.2.3. Activité antimicrobienne	13
II.2.3.1. Préparation des différentes concentrations des extraits	14
II.2.3.2. Mise en culture	15
a. Préparation des milieux de culture	15
b. Préparation des suspensions microbiennes	15
c. Ensemencement des milieux de culture	16
d. Dépôt des disques	16
II.2.3.3. Lecture et interprétation des résultats	17
<b>Partie III : Résultats et discussions</b>	
III.1. Rendement des différents extraits	18
III.2. Screening chimique (Criblage phytochimique)	19
III.3. Activité antimicrobienne	24
III.3.1. Activité antimicrobienne de la partie aérienne	24
III.3.1.1. Evaluation de l'activité antibactérienne	24
III.3.1.2. Evaluation de l'activité antifongique	31
III.3.2. Activité antimicrobienne de la partie souterraine	35
III.3.2.1. Evaluation de l'activité antibactérienne	35

III.3.2.2. Evaluation de l'activité antifongique	38
Conclusion	41
Références Bibliographiques	42
Annexes	45

## Liste des abréviations

**DMSO** : Dimethylsulfoxyde.

**E. S** : *Echinops spinosus*.

**EEP** : Extrait éthero pétrolique.

**EEPs** : Extrait éthero pétrolique par soxhlet.

**EE** : Extrait éthanolique.

**EEs** : Extrait éthanolique par soxhlet.

**EM** : Extrait méthanolique.

**EMs** : Extrait méthanolique par soxhlet.

**EC** : Extrait chloroformique.

**ECs** : Extrait chloroformique par soxhlet.

**ECm** : Extrait chloroformique par macération.

**ECms** : Extrait chloroformique par macération de la partie souterraine.

**Ec 1%** : Econazole 1%.

**EPA** : Extrait de la partie aérienne.

**EPS** : Extrait de la partie souterraine.

**FeCl3** : Chlorure ferrique.

**GN 10** : Gentamicine 10.

**HCl** : Chlorure d'hydrogène.

**KOH** : Hydroxyde de potassium.

**MH** : Muller- Hinton.

**T** : Témoin.

<b>Liste des tableaux</b>	Page
<b>Tableau 01</b> : Origine de quelques espèces du genre <i>Echinops</i> .	02
<b>Tableau 02</b> : Généralités sur les infections bactériennes.	04
<b>Tableau 03</b> : Généralités sur les infections fongiques.	04
<b>Tableau 04</b> : Généralités sur les infections virales.	05
<b>Tableau 05</b> : Caractéristiques et pouvoir pathogènes des souches bactériennes utilisées.	08
<b>Tableau 06</b> : Caractéristiques et pouvoirs pathogènes des souches fongiques expérimentées.	09
<b>Tableau 07</b> : Rendements (%) des différents extraits réalisés.	18
<b>Tableau 08</b> : Résultats du screening phytochimique de l'extrait aqueux.	19
<b>Tableau 09</b> : Résultats du screening chimique de la partie aérienne et souterraine d'extrait aqueux obtenu par soxhlet.	20
<b>Tableau 10</b> : Résultats du screening chimique de la partie aérienne et souterraine d'extrait aqueux obtenu par macération	22
<b>Tableau 11</b> : Diamètre des zones d'inhibitions bactériennes des différents extraits de la plante aérienne d' <i>Echinops Spinosus</i> .	24
<b>Tableau 12</b> : Effets des différents extraits de la partie aérienne d' <i>E. Spinosus</i> sur les souches bactériennes testées.	30
<b>Tableau 13</b> : Diamètre des zones d'inhibitions fongiques des différents extraits de la partie aérienne d' <i>Echinops Spinosus</i> .	31
<b>Tableau N°14</b> : Effets des différents extraits de la partie aérienne d' <i>E. Spinosus</i> sur les souches fongiques testées.	35
<b>Tableau 15</b> : Diamètre des zones d'inhibition bactériennes de la partie souterraine d' <i>Echinops Spinosus</i> .	36
<b>Tableau 16</b> : Effet de l'extrait chloroformique de la partie souterraine d' <i>E. Spinosus</i> sur les souches bactériennes testées.	38
<b>Tableau 17</b> : Diamètre des zones d'inhibitions fongiques de la partie souterraine d' <i>Echinops Spinosus</i> .	38
<b>Tableau 18</b> : Effet de l'extrait chloroformique de la partie souterraine d' <i>E. Spinosus</i> sur les souches fongiques testées.	40

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Sesquiterpènes (Echinopsines A et B).	02
<b>Figure 02</b> : <i>Echinops spinosus</i> (A : partie aérienne /C : partie souterraine).	07
<b>Figure 03</b> : Appareil Soxhlet.	10
<b>Figure 04</b> : Appareil Evaporateur rotatif.	10
<b>Figure 05</b> : Etapes d'extraction par Soxhlet.	11
<b>Figure 06</b> : Etapes d'extraction à chaud par macération.	11
<b>Figure 07</b> : Différentes extraits sec utilisées.	14
<b>Figure 08</b> : Extraits diluées dans le DMSO.	14
<b>Figure 09</b> : Préparation des milieux de culture.	15
<b>Figure 10</b> : Préparation des suspensions microbiennes.	15
<b>Figure 11</b> : Ensemencement.	16
<b>Figure 12</b> : Application des disques.	17
<b>Figure 13</b> : Rendements des différents extraits (%).	18

L'Algérie, grâce à sa superficie et à sa situation biogéographique, abrite une diversité floristique et écologique exceptionnelle, avec plus de 3000 espèces de plantes appartenant à plusieurs familles botaniques. Parmi ces dernières, près de 15% sont endémiques et demeurent largement inexplorées du point de vue phytochimique et pharmacologique (Daira *et al.*, 2016). Au fil du temps, la phytothérapie s'est développée et est devenue de plus en plus populaire en Algérie, avec de nombreuses plantes utilisées à des fins médicinales. Parmi ces plantes, *Echinops spinosus* se distingue par son utilisation traditionnelle en médecine populaire, notamment en raison de ses propriétés médicinales présumées.

Dans le cadre de la valorisation de la flore algérienne, une analyse chimique approfondie des parties aériennes (tiges, feuilles, fleurs) et souterraines (racines, rhizomes) d'*Echinops spinosus* a été entreprise dans la région d'El-Hadjeb à Biskra. L'objectif de cette recherche était de caractériser les composés chimiques présents dans cette plante et de déterminer leur potentiel en tant qu'agents antimicrobiens. Les parties aériennes et souterraines de la plante ont été sélectionnées en raison de leur richesse en composés chimiques potentiellement actifs, suggérant ainsi une importance pharmacologique.

Les infections causées par des microorganismes pathogènes tels que les bactéries, les champignons et les virus restent un problème de santé publique majeur. La résistance croissante aux antibiotiques et aux antifongiques conventionnels souligne le besoin urgent de découvrir de nouvelles sources de substances antimicrobiennes (Nakkab, 2019). Ainsi, l'évaluation des activités antimicrobiennes d'*Echinops spinosus* contre un large éventail de microorganismes pathogènes revêt une importance particulière dans la recherche de nouvelles stratégies thérapeutiques (Gheffour, 2019).

Cette recherche vise à contribuer à la connaissance scientifique en identifiant les composés chimiques présents dans les parties aériennes et souterraines d'*Echinops spinosus* et en évaluant leur efficacité potentielle comme agents antimicrobiens. Les résultats obtenus pourraient avoir des implications significatives pour la valorisation de la flore algérienne et pourraient ouvrir de nouvelles perspectives dans le développement de traitements innovants contre les infections microbiennes.

Dans ce qui suit nous allons proposer une analyse chimique d'*Echinops spinosus*, une plante endémique en Algérie, en mettant l'accent sur son potentiel chimique et ses activités antimicrobiennes. En combinant une approche phytochimique rigoureuse et des évaluations antimicrobiennes détaillées, cette recherche vise à enrichir notre compréhension des propriétés médicinales de cette plante et à explorer de nouvelles sources d'agents antimicrobiens.

## I.1. Généralités sur *Echinops spinosus*

### I.1.1. Genre *Echinops*

Le genre *Echinops* tire son étymologie du grec, signifiant "qui ressemble à un hérisson". Cette appellation est en accord avec l'aspect hérissé de la plante, qui peut également être comparé à celui d'un oursin (*Echinops Martin*). Les inflorescences en forme d'hérisson sont une caractéristique typique du genre (Boumaraf, 2016 ; Foucaud et Mahé, 1970).

Les *Echinops* appartiennent à la famille des Astéracées (anciennement appelée Compositae), à la sous-famille des Tubuliflores et à la tribu des Cardueae (Garnatje et al., 2005 ; Sánchez Jiménez et al., 2010). Ils regroupent environ 120 à 130 espèces végétales présentes dans le bassin méditerranéen, en Afrique du Nord, en Afrique tropicale et en Asie centrale. En Algérie, deux espèces de ce genre sont recensées : *E. strigosus* L. et *E. spinosus*, qui sont réparties de la région sud de la Méditerranée jusqu'au désert du Sahara.

Le tableau 01 présente l'origine de quelques espèces du genre *Echinops*

**Tableau 01** : Origine de quelques espèces du genre *Echinops*

Espèce	L'origine
<i>E. Spaerocephalus</i>	Cette espèce est originaire d'Eurasie, largement répandue en Amérique du Nord et très commun dans les montagnes du sud de la France et du sud et du centre de l'Europe.
<i>E. Ritro</i> (taplow blue)	Il est originaire d'Europe et d'Asie occidentale.
<i>E. Echinatus</i> (chardon indien)	Il est originaire d'Inde, d'Afghanistan, Pakistan et en Myanmar.
<i>E. Galalensis</i> et <i>E. Hussoni</i>	Il se trouve pratiquement partout en Arabie saoudite.
<i>E. Spinousus Tura</i>	Très commune au Sahara Algérien et en Egypte.

Les membres de ce genre sont généralement vivaces avec peu d'annuelles (Sánchez-Jiménez et al., 2010). Ils atteignent une hauteur de 1 à 2 mètres, avec des feuilles alternes et des fleurs en capitules uniflores groupées en têtes sphériques ou ovales de second ordre (une caractéristique distinctive qui permet de reconnaître cette plante) (Garnatje et al., 2005 ; Sánchez Jiménez et al., 2010). Les capitules sont constitués de fleurs tubulaires centrales entourées de bractées épineuses. Les fleurs sont généralement bleues ou violettes, bien que certaines espèces aient des fleurs jaunes ou blanches.

### I.1.2. Espèce *Echinops spinosus*

#### I.1.2.1. Description botanique

La plante *Echinops Spinousus* est une espèce herbacée vivace dont la hauteur varie entre 40 et 80 cm (Bost et al., 1954).

Sa tige est très épineuse, ramifiée et plus ou moins cotonneuse de couleur brun rouge. Ses feuilles, ovales et profondément lobées, mesurent entre 5 et 15 cm, sont caulinaires et sessiles, et leurs segments sont découpées et se terminent par de longues épines. Les inflorescences consistent en des têtes globuleuses sphériques d'un diamètre de 4 à 6 cm qui sont ponctuées de bleu et contiennent des fleurs bisexuées. Les fruits de cette plante sont des akènes turbinés avec une couronne raide et laciniée (Boullard, 2001).

### I.1.2.2. Classification botanique et appellation

#### a. Classification botanique « systématique » (Boumaraf, 2016)

Embranchement	<i>Spermatophytes</i>
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Ordre	Astérales
Famille	<i>Asteraceae</i>
Genre	<i>Echinops</i>
Espèce	<i>Spinosus</i>
Nom latin	<i>Echinops spinosus L</i>

#### Appellation

En Algérie, l'espèce *E. Spinosus L.* est appelée de différentes manières en berbère, notamment "Teskera", ainsi qu'en arabe avec des noms tels que "fouga el djemel" et "Chouk el Hamir".

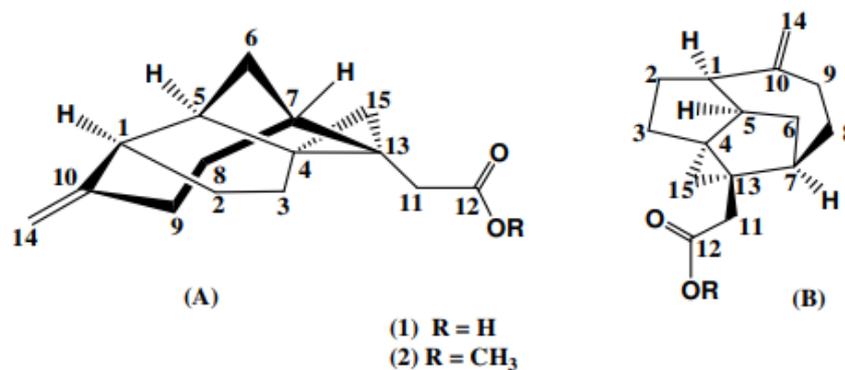
En langue tamahaq, elle est désignée sous le nom de "Téfariast".

Le nom arabe de "qounfoudzia", qui signifie hérisson, provient de la transcription grecque de "Ekhnos". Le nom vernaculaire "ri ayi el-ibil" se réfère quant à lui à un pâturage de chameaux. (Bouzabata et al., 2018)

### I.1.2.3. Composition chimique

Plusieurs chercheurs ont démontré l'abondance de métabolites secondaires dans différents organes d'*E. Spinosus*, appartenant à diverses classes telles que les alcaloïdes, poly acétylène thiophènes, flavonoïdes, composés polyphénoliques, les deux composés glycosylés et les sesquiterpènes : échinopsines A et B (Figure 01) qui a isolé par un groupe de chercheurs chinois. (Gheffour et al., 2015 ; Bouattour et al., 2017 ; Boumaaraf, 2016)

\*



**Sesquiterpène** : Nom générique des carbures d'hydrogène de formule C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>.

**Figure 01** : Sesquiterpènes (Echinopsines A et B)

#### **I.1.2.4. Propriétés d'*Echinops Spinosus***

Plusieurs espèces du genre *Echinops* sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés médicinales notamment en Afrique et en Asie. Ce sont des plantes médicinales largement employées dans le traitement de différentes maladies.

L'*Echinops Spinosus* est une plante riche en échinopsine, qui stimule le système nerveux et agit comme vasoconstricteur veineux, contribuant ainsi à l'amélioration de la circulation sanguine (Boullard, 2001). Elle est réputée pour traiter les verrues (Alaoui et Moulay, 2002).

Les racines sont également appréciées pour lutter contre les infections urinaires, les règles douloureuses et les problèmes de digestion, ainsi que pour soulager les douleurs stomacales. Elles sont administrées aux femmes avant et après l'accouchement pour accélérer la délivrance et expulser le placenta (Lahssissene et al., 2009).

Cette espèce est également utilisée en médecine traditionnelle pour traiter l'asthénie, le diabète et les affections hépatiques (Bellakhdar, 1997).

La plante pulvérisée est considérée comme dépurative, diurétique et efficace pour les soins post-partum (Bouzabata et al., 2019). De plus, elle est traditionnellement utilisée pour traiter la toux et l'irritation des poumons (Asadi et al., 2014).

La "Teskra" est utilisée en thérapeutique humaine pour traiter les hémorroïdes, les varices, les métrorragies (Bost et al., 1954) ainsi que comme agent diurétique et hypoglycémiant et contre les troubles du foie (Bouzabata et al., 2019).

#### **I.1.2.5. Travaux réalisés sur *Echinops spinosus***

Plusieurs études en étaient faites sur le genre *Echinops* et l'espèce *Echinops Spinosus* parmi ses études :

Une étude faite en 1999 par Rimbau et ses collaborateurs sur les racines d'*Echinops spinosus* a révélé une bonne activité anti-inflammatoire de ses dernières.

En 2002 Alaoui et ses collaborateurs ont montré que les racines d'*Echinops spinosus* avaient une bonne activité anticancéreuse (contre le cancer du sein).

De plus en Tunisie, Bouattour et al., (2017) a mis en évidence une activité antibactérienne élevée avec des valeurs significatives de concentrations minimales inhibitrices (CMI) de 125,0 µg/ml contre *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus* et *Bacillus cereus*. Cependant, il ne présentait aucune activité antifongique substantielle.

L'évaluation de l'activité antioxydante par Gheffour et al., (2015) à montrer que l'extrait d'acétate d'éthyle qui renferme les tanins de la partie aérienne de la plante possède une capacité de réduction de fer et de piégeage du radical libre DPPH intéressante.

Une autre étude faite par Gheffour Kamila (2019) portait sur *Echinops spinosus* de la région de Tlemcen qui a révéler la présence de métabolites secondaires (flavonoïdes, tanins, sucres réducteurs, coumarines et quinones) et une activité antioxydante et antimicrobienne intéressante

(l'activité antimicrobienne sur gélose et en milieu liquide a révélé que le pouvoir antimicrobien des fractions des tanins et des flavonoïdes est plus important que celui des extraits bruts).

L'évaluation de l'activité antioxydante par Zitouni - Nourine et *al.*, (2022) à montrer que l'extrait méthanolique de la racine d'*E. spinosissimus* de l'ouest de l'Algérie a une activité antioxydante et des effets antibactériens contre les bactéries Gram négatives, en particulier *P. aeruginosa*.

Une étude faite par l'équipe de Bouzabata (2015), confirment que les extraits d'*Echinops* constituent de riches sources de polyphénols et pourraient donc être utilisés comme de puissants antioxydants naturels.

L'évaluation des activités antibactériennes et antifongiques de l'extrait d'hexane d'*E. Spinusus*, par l'équipe Bouzabata (2018), les résultats obtenus ont montré une très faible activité antibactérienne, et aucune activité antifongique significative n'a été observée.

## I.2. Généralités sur les infections microbiennes et les agents antimicrobiens

### I.2.1. Infections bactériennes, agents antibiotiques et mécanisme de résistances

Le tableau suivant (Tableau 02) présente des généralités sur les infections bactériennes, les antibiotiques et leurs résistances.

**Tableau 02** : Généralités sur les infections bactériennes.

Les infections bactériennes	Antibiotiques	Résistances
Les infections bactériennes sont causées par différents micro-organismes et sont la cause des maladies les plus fatales et des épidémies les plus répandues. (Nascimento et <i>al.</i> , 2000).	Ce sont des substances chimiques élaborées par des microorganismes, possèdent le pouvoir d'inhiber la croissance ou le développement des bactéries. (Ben Abdallah et <i>al.</i> , 2019)	L'utilisation abusive des antibiotiques a rapidement conduit à l'apparition : des effets secondaires dus aux médicaments et l'acquisition d'une certaine résistance aux antibiotiques.

### I.2.2. Infection fongiques, agents antifongiques et mécanismes de résistances

Le tableau suivant (Tableau 03), présente des généralités sur les infections fongiques, les antifongiques et leurs résistances.

**Tableau 03** : Généralités sur les infections fongiques.

Les infections fongiques	Antifongiques	Résistances
Les infections fongiques ont pris une part importante, Et leur développement chez l'humain dépend souvent des facteurs prédisposant comme l'augmentation	Il existe 4 classes principales d'agents antifongiques <b>Polyènes Amphotéricine B</b> : qui agit sur la membrane fongique. <b>Échinocandines Caspofungine</b> : qui agit sur la paroi fongique.	La résistance peut se définir soit comme un phénomène in vitro lié à une augmentation de la CMI soit comme un phénomène clinique défini.

accru des patients immunodéprimés, d'événements associés, ou de facteurs environnementaux. (Hulim et al., 2005)	<p><b>Azolés</b></p> <p><b>Voriconazole</b></p> <p><b>Itraconazole</b> : inhibition de la 14<math>\alpha</math> déméthylase</p> <p><b>5-fluorocytosine</b> : agit sur l'acide nucléique.</p> <p>(Nakkab, 2019)</p>	
---	--	--

### I.2.3. Infection virales, agents antiviraux et mécanismes de résistances

Le tableau 04 présente des généralités sur les infections virales, les antiviraux et leurs résistances.

**Tableau 04** : Généralités sur les infections virales.

Les infections virales	Antiviraux	Résistance
<p>Les infections virales sont des maladies provoquées par un virus, chaque virus attaque une partie bien précise de l'organisme, c'est à cette action qui permettra l'identification de la maladie.</p> <p>Il existe deux types d'infections : des infections aiguë (angine, la grippe, ...) et des infections chronique (VIH/Sida, hépatite C, hépatite B, tuberculose...)</p> <p>(Topsante.com, 2017)</p>	<p>Les médicaments antiviraux peuvent cibler différentes étapes de la réplication virale ; ils peuvent :</p> <p>Perturber la fixation des particules virales aux membranes des cellules hôtes, inhiber les récepteurs cellulaires et bloquer les enzymes codées par le virus.</p> <p>Certains médicaments antiviraux sont efficaces contre beaucoup de types différents de virus. Par exemple, certains médicaments actifs contre le VIH sont utilisés pour d'autres infections virales telles que l'hépatite B.</p> <p>(Kramer, 2023)</p>	<p>La résistance des virus aux antiviraux se fait par action directe et indirecte, les deux principaux mécanismes impliqués dans la résistance directe sont : l'absence de formation de l'antiviral actif et la modification de la cible avec perte d'affinité pour le médicament.</p> <p>La résistance indirecte aux antiviraux est plus complexe.</p>

## **II. Matériel et Méthodes**

Le matériel et les méthodes expérimentés dans notre étude visent à contribuer l'exploration des activités biologiques de *Echinops spinosus*. Nous avons rassemblé un ensemble complet de ressources pour mener à bien nos expérimentations. Tout d'abord, nous avons acquis du matériel végétal d'*Echinops spinosus* provenant de sources fiables et certifiées. Les échantillons végétaux ont été soigneusement sélectionnés pour leur intégrité et leur état de santé optimal, afin de garantir des résultats fiables et reproductibles.

Notre objectif était de disposer d'un matériel biologique représentatif de l'espèce et capable de fournir les composés actifs nécessaires à nos analyses ultérieures.

Ce travail est consacré à l'étude de la plante *Echinops Spinosus* qui a été réalisé durant 2 mois du 10 avril au 08 juin dans les laboratoires suivant :

- Laboratoire pédagogique de la faculté SNV de Blida 1 pour les différents extraits.
- Laboratoire de recherches des plantes médicinales et aromatiques (LRPMA) de la faculté SNV Blida 1 pour le screening chimique.
- Laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida pour l'activité antimicrobienne.

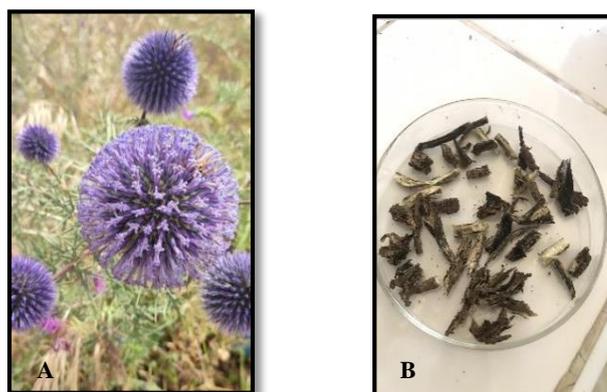
### **II.1. Matériel**

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé différents types de matériel, à la fois biologique et non biologique, afin de bien mener nos expérimentations sur *Echinops spinosus*.

#### **II.1.1. Matériel biologique**

##### **II.1.1.1. Matériel végétal**

Nous avons centré notre travail sur *Echinops spinosus*, une plante vivace appartenant à la famille des Astéracées (Figure 02). Les échantillons végétaux ont été récoltés le mois de mai 2022 dans la région d'El-Hadjeb, située à 12 km de la wilaya de Biskra. Les parties de la plante (aériennes et souterraines) ont été soigneusement récoltées, rincées et séchées dans un endroit aéré, ombragé et sec, puis broyées et conservées à l'abri de la lumière et de l'humidité.



*A : partie aérienne / B : partie souterraine*

**Figure 02 : *Echinops Spinosus* (Photos originales)**

### II.1.1.2. Souches bactériennes

Pour évaluer le pouvoir antimicrobien, nous avons utilisé un éventail de souches bactériennes (Gram positif et Gram négatif). Ces souches à caractère opportuniste et pathogènes sont responsables de maladies courantes et représentent des contaminants fréquents, provoquant des infections significatives.

Les caractéristiques et le pouvoir pathogène des souches microbiennes expérimentées sont répertoriés dans le tableau 05.

**Tableau 05 :** Caractéristiques et pouvoir pathogène des souches bactériennes utilisées (Saidi, 2019).

Espèces	Gram	Habitat	Pouvoir pathogène
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	Positif	Très présent au niveau des fosses nasales, la gorge, le tube digestif, et les mains.	Généralement responsable d'infections cutanées, nosocomiales, parfois de pneumonies, et des intoxications alimentaires. Sa résistance aux antibiotiques est parfois un grand problème pour le traitement des patients.
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	Positif	Se trouvent habituellement dans l'environnement : terre, eaux, végétaux ainsi les aliments.	Peut-être l'origine d'une intoxication. Elle est généralement sans danger dans les bonnes conditions de manipulation.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	Négatif	Largement répandues dans l'environnement, vivent dans le sol, les eaux et sur la surface des végétaux.	C'est l'agent le plus pathogène courant provoquant des infections nosocomiales, urinaires et pulmonaires. C'est l'une des bactéries les plus difficiles à traiter.
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	Négatif	On la trouve couramment dans l'intestin et les selles des animaux et des reptiles à sangs chauds et le microbiote intestinal.	Septicémie méningite du nourrisson, de plaies opératoires et gastro entérites. Douleurs abdominales et responsable de différents types d'infections : infections urinaires, diarrhées.
<i>Salmonella abony</i> NCTC 6017	Négatif	Elles se retrouvent dans les milieux aquatiques pollués, la contamination par les excréments d'animaux porteurs.	Elle se caractérise habituellement par une apparition brutale de fièvre, des douleurs abdominales, de la diarrhée, des nausées et parfois des vomissements.

### II.1.1. 3. Souches fongiques

Nous avons également testé avec deux espèces de champignons de référence (Tableau 06).

**Tableau 06** : Caractéristiques et pouvoirs pathogènes des souches fongiques expérimentées.

Espèces	Caractère	Habitat	Pouvoir pathogène
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	Espèce de levure la plus importante et la plus connue du genre candida	Dans les muqueuses buccale, vaginale et digestive des humains.	Provoque des infections au niveau des muqueuses digestive et gynécologique.
<i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404	Moisissure de couleur noire, est un champignon filamenteux ascomycète	Dans le sol ou sur les résidus végétaux.	Responsable de mycoses pulmonaires chez l'homme.

### II.1.2. Matériel non biologique

Pour le matériel non biologique, nous avons utilisé :

#### II.1.2.1. Verrerie

Des tubes à essai, bécher, pipettes Pasteur, entonnoir, ballon, flacons, éprouvette graduée, ballon à fond plat, boîtes pétri, pissette, pince, support tubes à essais, disques 6mm, des embouts ... (Voir annexe).

#### II.1.2.2. Appareillage

Balance de précision, Broyeur, Soxhlet, chauffe ballon, agitateur, l'évaporateur rotatif, Etuve, micro pipette, bain-marie, autoclave, réfrigérateur, bec benzène (Voir annexe).

## II.2. Méthodes

### II.2.1. Préparation des extraits

Pour préparer les extraits d'*Echinops spinosus*, nous avons utilisé deux méthodes d'extraction différentes comparatif et ont à jouer sur le facteur température : l'extraction par Soxhlet et l'extraction à chaud par macération. Ces méthodes nous a permis de récupérer les composés bioactifs de la plante en utilisant des solvants adaptés de polarité différente et des conditions spécifiques.

#### II.2.1.1. Extraction par soxhlet

Le Soxhlet est un tube en verre (Figure 03) perforé, inséré dans un ballon rond chauffé contenant du solvant. C'est un outil plus simple à la manipulation et assurer plus de contacts entre le produit extraire et le solvant utilisé. Le principe de l'extraction par Soxhlet consiste à l'accumulation de solvant condensé dans un ballon chauffé à une température déterminée et une cartouche dans laquelle est placée la poudre de l'espèce étudiée.

## Partie II : Partie expérimentale

Sur un disque de papier filtre, on met de la matière végétale enveloppée comme une cartouche puis on la place dans le tube du soxhlet. Dans le ballon on met le solvant, on place l'appareil puis on l'allume.

Le solvant s'évapore puis se condense en restant au contact du clone. La solution recueillie dans le ballon devient de plus en plus riche en solutés à chaque cycle d'extraction.

Après plusieurs cycles nous récupérons le solvant enrichi et on met sur un rota vapeur (évaporateur rotatif) à 40C° pour obtenir un extrait résidu sec.



**Figure 03 :** Appareil Soxhlet (Photo originale)

### Description de l'évaporateur rotatif (rota vapeur)

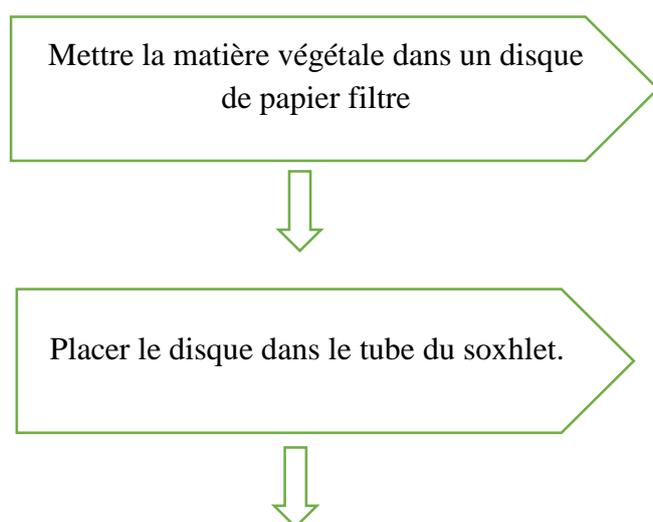
Un évaporateur rotatif, ou rota vapeur, est un appareil répondant aux besoins essentiels des applications de laboratoire, utilisé pour éliminer les solvants des échantillons par évaporation.

Il se compose d'une fiole rotative motorisée, d'un bain de chauffage et d'un condenseur avec une fiole de réception (Figure 04). L'échantillon est placé dans le ballon rotatif, qui est chauffé par le bain, provoquant l'évaporation du solvant. La vapeur est ensuite condensée dans le condenseur et recueillie dans le ballon récepteur. Ce processus permet la séparation et la concentration du composé souhaité du solvant.



**Figure 04 :** Evaporateur rotatif (Photo originale)

Les différentes étapes d'extraction par soxhlet sont résumées en figure 05.



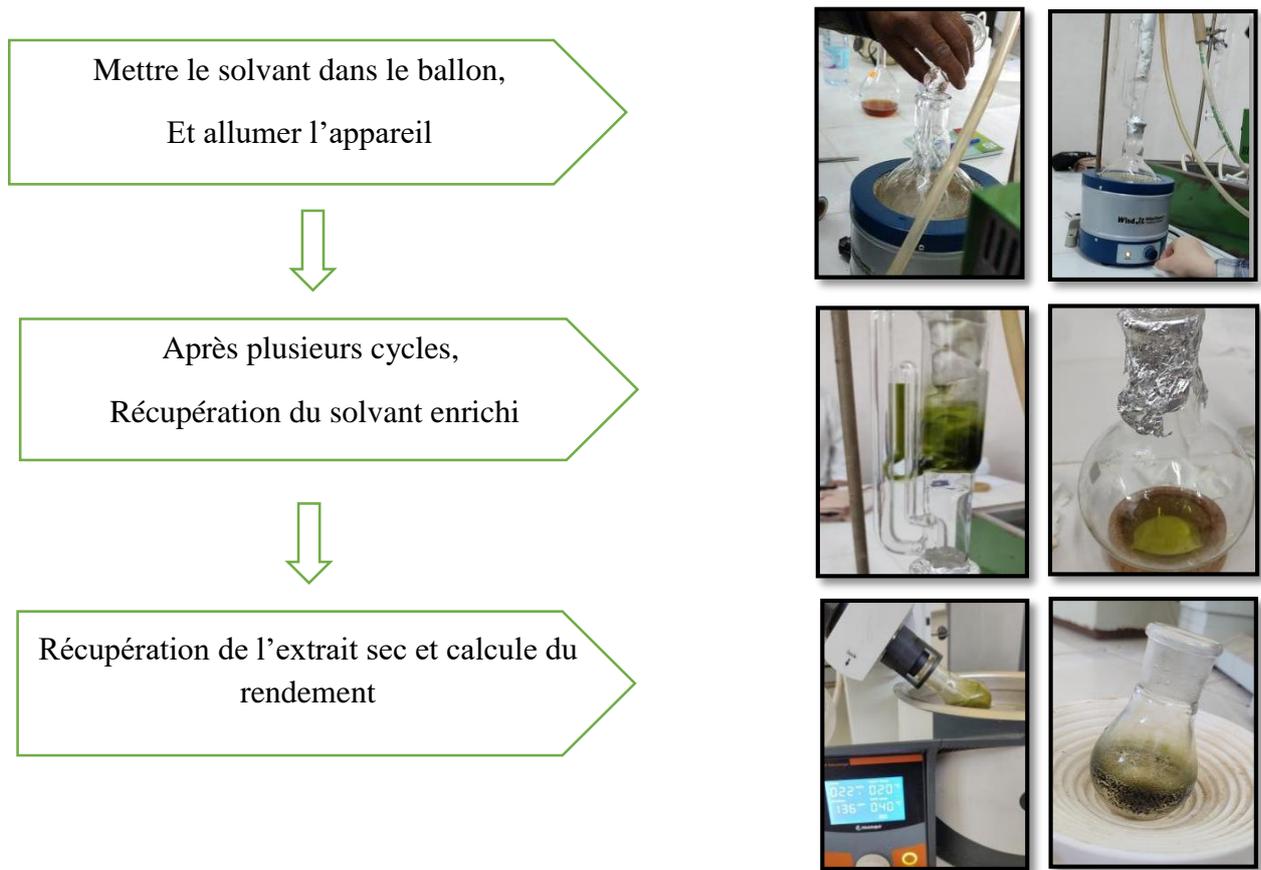
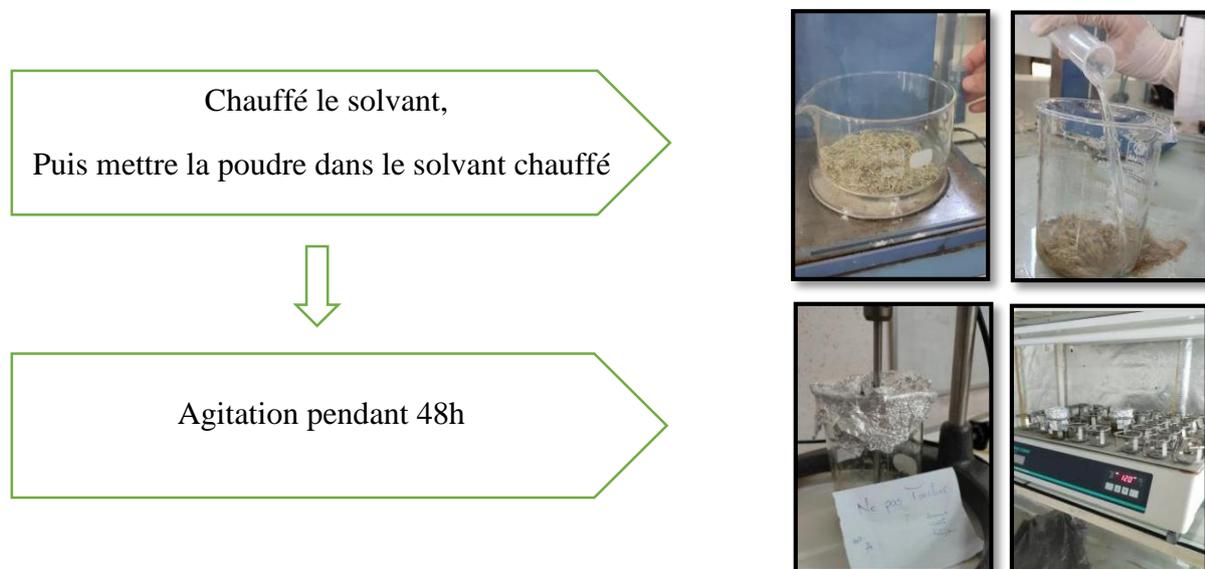


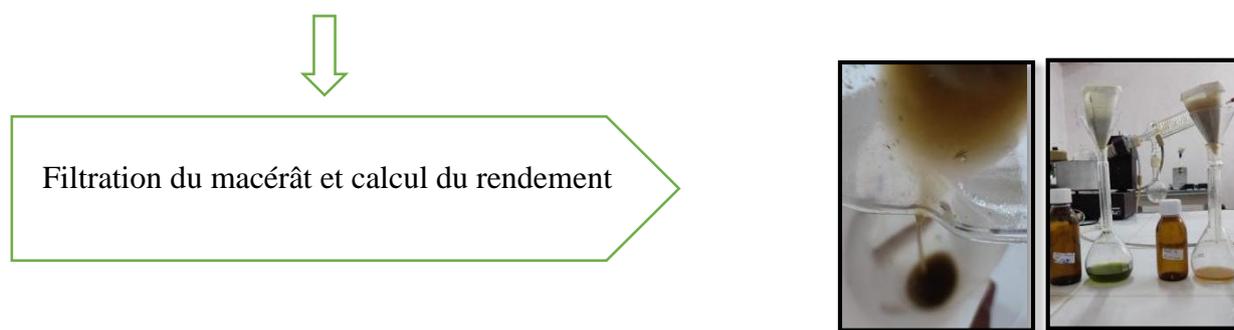
Figure 05 : Etapes d'extraction par soxhlet (Photos originales).

### II.2.1.2. Extraction à chaud par macération

L'extraction à chaud par macération est un procédé qui consiste à laisser séjourner une plante dans un solvant chauffé pour en extraire les composés solubles, le mélange est porté sous agitation continue pendant 48h, puis filtration.

Les différentes étapes d'extraction à chaud par macération sont résumées en figure 06.





**Figure 06** : Etapes d'extraction à chaud par macération (Photos originales).

### II.2.1.3. Rendement d'extraction

Afin de déterminer le rendement en extraits secs, nous avons calculé le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue après évaporation et la masse initiale du matériel végétal utilisé, selon la formule suivante :

$$\text{Rendement \%} = \frac{M_0}{M_1} \times 100$$

$M_0$  : Masse en gramme du résidu sec évaporé.

$M_1$  : Masse en gramme de la matière végétale sèche initiale.

### II.2.2. Screening chimique (Criblage phytochimique)

Les tests phytochimique représentent l'ensemble des techniques qualitatives pour déterminer la présence ou l'absence des métabolites secondaires. Le principe du screening est basé sur des essais de solubilité, de coloration et de précipitation.

Ces tests sont des réactions réalisées à partir des extraits préparés :

- Extrait obtenu par soxhlet : 10 g de poudre de chaque partie de la plante (aérienne et souterraine) sont mises on présence de 100 ml d'eau distillé, les extraits obtenus n'ont pas était passée au évaporateur rotatif.
- Extrait obtenu par macération : 5 g de poudre végétale de chaque partie de la plante sont mises en présence de 100 ml d'eau distillé chauffer.

#### II.2.2.1. Recherche des Alcaloïdes

La détection des alcaloïdes consiste à traiter 6 ml d'extrait aqueux d'E. S avec 5ml d'HCL (2N), chauffer au bain-marie, puis traiter avec 5 gouttes du réactif DRAGENDORFF. L'apparition d'un précipité brun et virage au rouge orangé indique la présence des alcaloïdes. (Ciulei, 1982)

#### II.2.2.2. Recherche des Quinones libres (Réaction de Bontrager)

Ajouter quelques gouttes de NaOH (0,1N) dans 5 ml de chaque extrait d'E. S.

## Partie II : Partie expérimentale

---

Les quinones libres sont confirmées dès que la phase aqueuse devient jaune, rouge ou violet. [(Dahou et *al.*, 2003) ;(Oloyede, 2005)]

### II.2.2.3. Recherche des Coumarines

Un volume de 3 ml d'extrait, ajouter 10 gouttes de KOH (10%) et quelques gouttes de HCL (10%). L'apparition d'un trouble indique la présence des coumarines.

### II.2.2.4. Recherche des Saponosides

Un volume de 10 ml d'eau distillée est ajouté à 2 ml d'extrait d'*E. S*, la solution est agitée durant 1 min. L'apparence d'une mousse qui persiste pendant 15 min révèle la présence de saponosides.

- Sans mousse, l'essai devient négatif (-) ;
- Dans le cas d'une mousse est de 1 cm d'épaisseur, l'essai est légèrement positif (+) ;
- En cas de mousse comprise entre 1 et 2 cm, le test est positif (++) ;
- Si la mousse dépasse 2 cm, le test est fortement positif (+++). (Dohou et *al.*, 2003)

### II.2.2.5. Recherche des Tanins

La détection des tanins est réalisée en ajoutant 1 ml d'eau distillée et 1 à 2 gouttes de FeCl<sub>3</sub> diluée à 1% à 1ml d'extrait d'*E. S*. Le test est positif par apparition d'une couleur verte foncée ou bleue verte. (Trease et Evans, 1987)

### II.2.2.6. Recherche des Polyphénols

Prendre 2 ml d'extrait d'*E. S* et ajouter une goutte de chlorure ferrique à 2%. L'obtention d'une couleur bleue ou verte plus ou moins foncée signifie la présence des polyphénols. (Hegnauer, 1973) ; (Ronchetti et Russo, 1971).

### II.2.2.7. Recherche des Flavonoïdes (Réaction a Cyanidine)

La présence des flavonoïdes et mise en évidence en ajoutant un volume de 2 ml d'extrait d'*E. S* avec 5 ml d'éthanol chlorhydrique (éthanol à 95°+ eau distillée + acide chlorhydrique concentré (V/V/V : 5 ml)), quelques copeaux de Magnésium et 1 ml d'alcool iso-amylque. Si le test est positif, il y'a apparition d'une couleur rose orangée, ou rose violacée, ou rouge qui caractérise les flavonoïdes. (Ciulei, 1973) ; (Ronchetti et Russo, 1971)

### II.2.2.8. Recherche des Sucres réducteurs

Les sucres réducteurs consistent à traiter un volume de 1 ml de l'extrait d'*E. S* avec 2 ml d'eau distillée et 2 ml de liqueur de Fehling (1 ml de la liqueur de Fehling A + 1 ml de la liqueur de Fehling B) puis mettre les tubes au bain marie jusqu'à ébullition. Apparition d'un précipité rouge-brique. (Ciulei, 1982)

## II.2.3. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne est réalisée par la méthode de diffusion sur gélose, aussi appelée la technique de dilution en gélose.

## Partie II : Partie expérimentale

Pour déterminer le pouvoir antimicrobien d'*Echinops Spinosus*, les extraits préparés sont testés sur une gamme de souche microbienne

Les extraits utilisés :

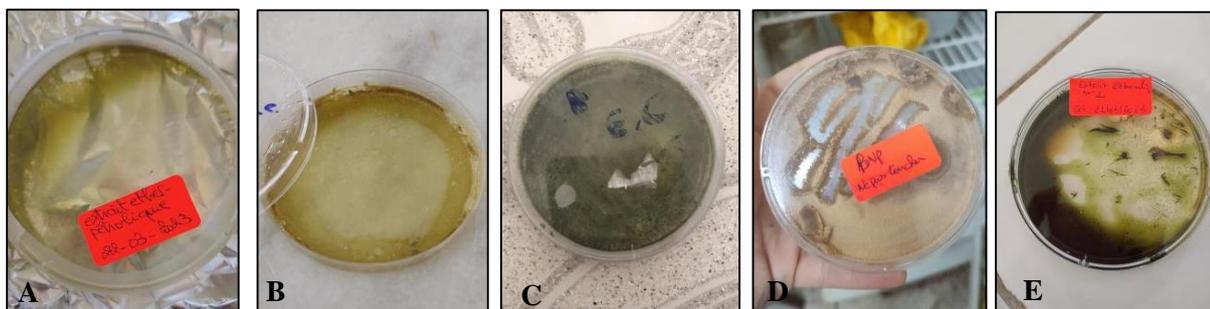
- Les extraits obtenus par soxhlet :
  - 10 g de poudre végétale (partie aérienne) pour 100 ml d'éther de pétrole, on refait l'extraction par la même cartouche mais avec l'éthanol.
  - 10 g de poudre (partie aérienne) pour 100 ml de chloroforme 37% (hydro alcool), puis on refait l'extraction par la même cartouche mais avec le méthanol.
- Les extraits obtenus par macération :
  - 10 g de poudre de chaque partie de la plante (aérienne et souterraine) sont mis en présence de 100 ml de chloroforme 37%.

Les extraits obtenus sont passés à l'évaporateur rotatif pour obtenir des extraits secs.

### II.2.3.1. Préparation des différentes concentrations des extraits

Les extraits obtenus sont nommés comme suit :

- **EEPs** : Extrait éthero pétrolique (Soxhlet).
- **EMs** : Extrait méthanolique(Soxhlet).
- **EEs** : Extrait éthanolique (Soxhlet).
- **ECs** : Extrait chloroformique (Soxhlet).
- **ECm** : Extrait chloroformique (Macération).
- **ECms** : Extrait chloroformique de la partie souterraine (Macération).



A : EEs / B : EEPs / C : ECms / D : ECs / E : ECm

**Figure 07** : Différentes extraits sec utilisées (Photos originales)

Dans des tubes nous avons pesée 50 mg - 100 mg - 150 mg de chaque extrait sec, puis nous les avons dilués dans un volume de 1 ml de DMSO.

Les extraits (secs et préparés) sont conservés dans le réfrigérateur à 4 °C pour des travaux ultérieurs.



**Figure 08** : Extraits diluées dans le DMSO (Photo originale)

### **II.2.3.2. Mise en culture**

#### **a. Préparation des milieux de culture (Géloses)**

##### ✓ Préparation du milieu Muller- Hinton (MH) :

Ajouter un volume de 173 ml d'eau distillé à 7,12 g de la poudre de MH, bien agiter puis mettre le flacon dans un bain marie jusqu'à dissolution. Pour finir, le mettre durant 45 min dans l'autoclave.

##### ✓ Préparation du milieu Sabouraud :

Identique à celle du milieu Muller- Hinton sauf pour le dosage on ajoute 150 ml d'eau distillé à 4,5 g de Sabouraud poudre.



**Figure 09 :** Préparation des milieux de culture  
(Photos originales)

#### **b. Préparation des suspensions microbiennes**

À partir d'une culture pure et jeune (bactéries et champignons), on prend quelques colonies pures bien isolées et identiques -à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. Puis on dilue le contenu de la pipette dans 10 ml d'eau physiologique stérile à 0.9 %. On laisse reposer 15 min avant l'utilisation.



**Figure 10 :** Préparation des suspensions microbiennes  
(Photos originales)

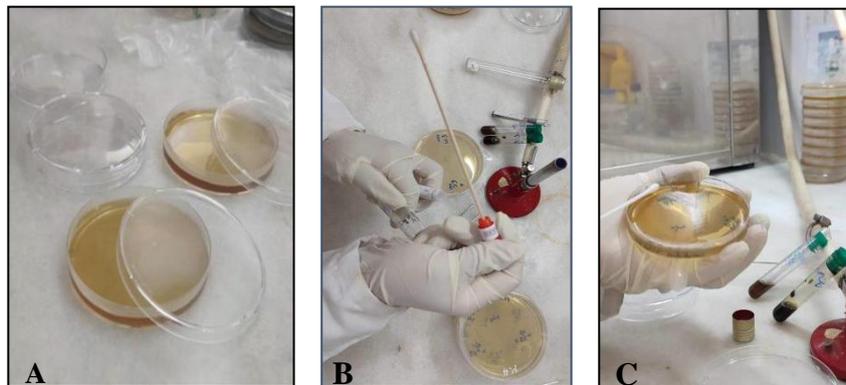
### c. Ensemencement des milieux de culture

Devant un bec benzène, on fait couler dans les boîtes de pétri une quantité de gélose préparée (le Sabouraud pour les champignons et le MH pour les bactéries), on laisse les boîtes entrouvertes devant la flamme jusqu'à complète solidification.

Par la suite on imbibe un écouvillon stérile avec une suspension déjà préparée et on le fait tourner sur la paroi interne du tube afin de le décharger au maximum.

Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée sèche de la boîte de pétri, de haut en bas. Ensuite pivoter l'écouvillon sur lui-même et répéter l'opération deux fois en tournant la boîte 60°. A la fin on passe l'écouvillon sur la périphérie de la boîte de Pétri.

Pour chaque suspension, on utilise un écouvillon et on le conserve pour une éventuelle réutilisation.



A : Coulage des boîtes pétri /B : Imbibition d'écouvillon /C : Ensemencement

**Figure 11** : Ensemencement (Photos originales)

#### II.2.3.3. Dépôt des disques

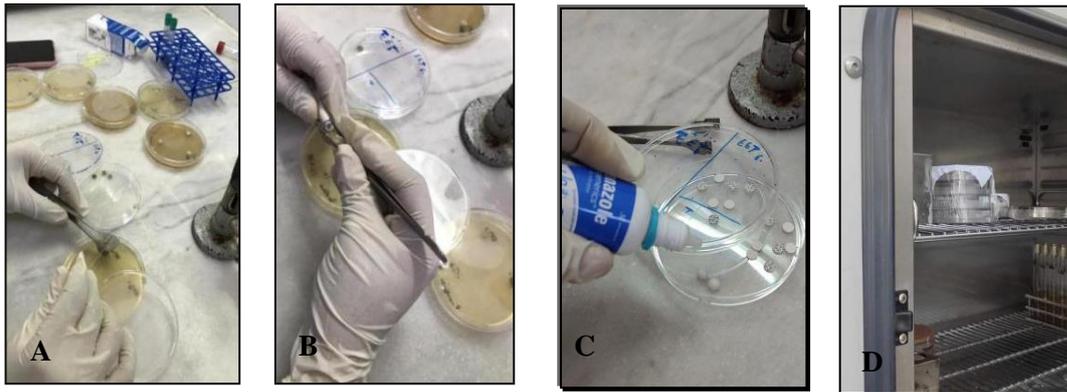
La technique utilisée pour évaluer l'activité inhibitrice des extraits végétaux (EM, EE, ECs, ECm, ECms) consiste à imbiber les disques de 6 mm dans les concentrations préparées (50, 100, 150 mg). Ces disques sont ensuite déposés sur des géloses spécifiques, adaptées aux bactéries et aux champignons testés. Le témoin négatif utilisé est : le DMSO

Les témoins positifs utilisés :

- Gentamicine 10 Témoin pour les bactéries
- Econazole (1%) Témoin pour les champignons

Tous les essais sont répétés trois fois pour chaque extrait.

Les boîtes contenant les disques sont incubées à des températures spécifiques : 37°C pendant 24 heures pour les bactéries et 30°C pendant 48 heures pour les champignons.



A : Dépôt des disques / B : Dépôt du témoin + bactérien GN10 / C : Dépôt du témoin + fongique Ec 1% / D : Incubation des boites pétri dans l'étuve

**Figure 12** : Application des disques (Photos originales)

#### II.2.3.4. Lectures et interprétation des résultats

L'activité inhibitrice des extraits végétaux sur la croissance des souches testés se manifeste par la formation d'un halo autour des disques, et la lecture des résultats se fait en mesurant les diamètres des zones d'inhibition en millimètres (mm), ses derniers doivent être uniformément circulaire (Richard et *coll.*, 2007).

Selon Moreira et *al.*, (2005), les seuils de sensibilités exprimés en zones d'inhibition sont interprétés comme suit :

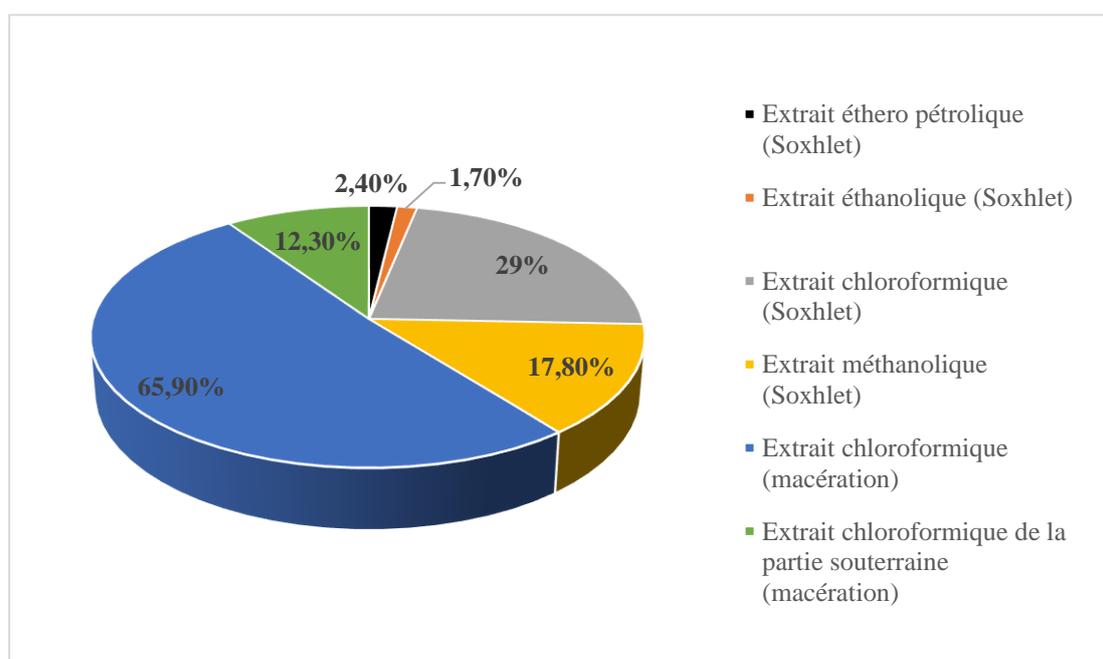
- Zones inférieur à 08 mm pour une résistance,
- Zones entre 09 et 14 mm pour une sensibilité,
- Zones entre 15 et 19 mm pour une très grande sensibilité,
- Zones supérieur à 20 mm pour une sensibilité extrême.

### III.1. Rendements des différents extraits

Après l'extraction solide-liquide par Soxhlet et la macération de la partie aérienne et souterraine d'*Echinops spinosus*, le rendement d'extraction exprimé en pourcentage est calculé et évalué d'après la formule suivante : « Rendement % = (M0 / M1) × 100 ». (Tableau 07)

**Tableau 07** : Rendements (%) des différents extraits réalisés.

Extraits		Poids de l'extrait sec obtenu (g)	Poids de la matière végétale initiale (g)	Rendement (%)
<b>Partie aérienne</b>	Extrait éthero pétrolique (Soxhlet)	0,24	10	2,4
	Extrait éthanolique (Soxhlet)	0,17	10	1,7
	Extrait chloroformique (Soxhlet)	2,9	10	29
	Extrait méthanolique (Soxhlet)	1,78	10	17,8
	Extrait chloroformique (macération)	6,59	10	65,9
<b>Partie souterraine</b>	Extrait chloroformique (macération)	1,23	10	12,3



**Figure 13** : Rendements des différents extraits (%)

### Partie III : Résultats et discussions

L'emploi de deux méthodes d'extraction différentes qui sont l'extraction par Soxhlet et la macération, en utilisant différents solvants et différentes conditions nous a permis d'obtenir des pourcentages différents du rendement.

Le meilleur rendement de la partie aérienne obtenu est le rendement de l'extrait chloroformique par macération qui est de 65,9 %.

Le rendement de la partie souterraine de l'extrait chloroformique par macération est de 12,3 %.

Nos résultats montrent que la méthode d'extraction influence significativement le rendement, donc il est difficile de comparer les résultats, car le rendement est relatif, en fonction de la méthode employée et les conditions dans lesquelles l'extraction a été réalisée (type de solvant, température et durée de l'extraction...).

#### III.2. Screening chimiques (Criblage phytochimique)

Les résultats des tests chimiques effectués sur les extraits aqueux obtenus par Soxhlet et par macération de la partie aérienne et souterraine de la plante *Echinops spinosus* sont présentés dans le tableau 08

**Tableau 08** : Résultats du screening phytochimique de l'extrait aqueux.

Groupes chimiques	Soxhlet		Macération	
	Extrait aqueux			
	Parties aériennes	Parties souterraines	Parties aériennes	Parties souterraines
Alcaloïdes	+++	++	++	++++
Quinones	++	+	+	+
Coumarines	++	+	++	+
Saponosides	+	+	-	-
Tanins	++++	++++	+	+
Polyphénols	++++	++++	++	++++
Flavonoïdes	++++	++	-	+
Sucres réducteurs	++++	+++	+	+

++++ : Très forte présence, +++ : Forte présence, ++ : Présence modérée, + : Faible présence, - : Absence.

Il est à rappeler que les essais réalisés reposent sur des phénomènes de précipitation et/ou de coloration par des réactifs spécifiques afin de détecter les différentes classes de composés chimiques dans la plante.

Dans l'extrait aqueux obtenu par Soxhlet des deux parties de la plante, la recherche des Alcaloïdes, Quinones, Coumarines, Saponosides, Tanins, Polyphénols, Flavonoïdes et Sucres réducteurs est positive.

D'après le tableau on peut constater que la présence des alcaloïdes est plus marquée en partie aérienne qu'en partie racinaire. Une présence modérée des quinones et des coumarines dans EPA (extrait de la partie aérienne) avec une faible réaction dans EPS (extrait de la partie souterraine).

### Partie III : Résultats et discussions

Les Saponosides sont faiblement détectés dans l'extrait de deux parties. Une forte présence des tanins et des polyphénols dans l'extrait de deux parties de la plante. Les deux extraits contiennent des flavonoïdes et des sucres réducteurs. Ils sont fortement présents dans l'EPA par rapport à EPS. Concernant les extraits obtenus par macération, On a remarqué une très forte présence des alcaloïdes et des polyphénols dans EPS, tandis que leur présence dans EPA est modérée.

L'extrait aqueux des deux parties de la plante présente une faible quantité en quinones, tanins, sucres réducteurs et une absence totale de Saponosides.

Lors de l'observation, il a été déterminé que la réaction des coumarines dans EPA était modérément positive. A l'inverse, la réaction des coumarines dans EPS a été notée comme faiblement positive. Les flavonoïdes ont été fortement détectés dans EPS par rapport à EPA (présence modérée). Ces tests effectués avec différentes doses par les deux méthodes d'extraction ont révélé que les racines de la plante sont très riches en polyphénols. De plus, il a été observé que la teneur en alcaloïdes était significativement plus élevée dans l'extrait de la partie souterraine (EPS), obtenu par macération par la concentration de 5g/100ml, par rapport à l'extrait de la partie souterraine obtenu par la méthode du Soxhlet avec une concentration de 10g/100ml.

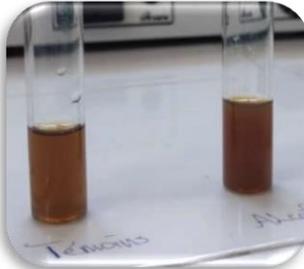
Nous avons comparé les résultats sur les extraits aqueux obtenus par macération à ceux de Gheffour (2019), et nous avons déduit ce qui suit :

Les alcaloïdes sont fortement détectés dans notre EPS par rapport à l'EPS de Gheffour qui est de faible présence

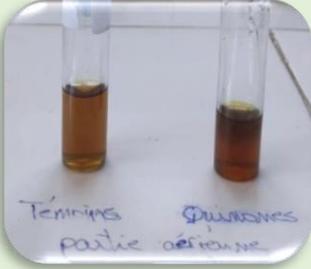
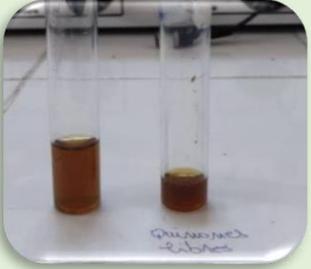
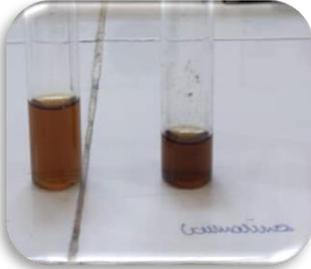
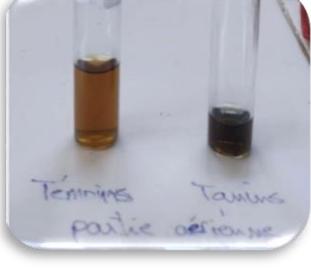
- ✓ Concernant les saponosides, les résultats sont négatifs pour les 2 expériences
- ✓ Les coumarines montrent une présence modérée et leur absence dans l'extrait de Gheffour (2019)
- ✓ La présence des autres composés chimiques dans notre extrait est moins marquée par rapport à l'extrait aqueux de Gheffour.

La méthode de l'extraction et le choix du solvant influencent sur le contenu total des polyphénols et les flavonoïdes, et par conséquent affecte les activités biologiques médiées par ces métabolites secondaires (Lee, 2003)

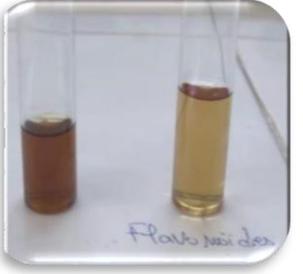
**Tableau 09** : Résultats du screening chimique de la partie aérienne et souterraine d'extrait aqueux obtenu par soxhlet.

Métabolites secondaires testés	Observation				Remarques
	Partie aérienne		Partie souterraine		
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	
Alcaloïdes					Apparition d'un précipité brun et virage au rouge orangée

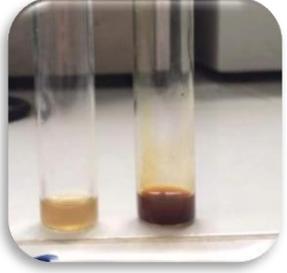
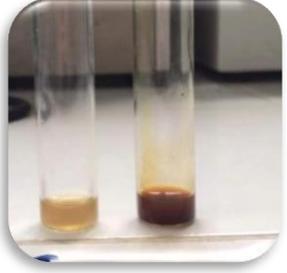
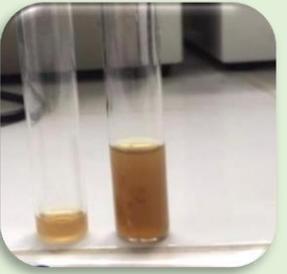
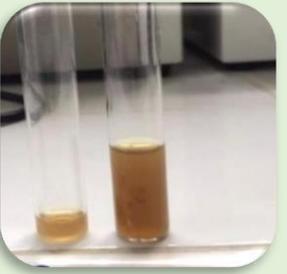
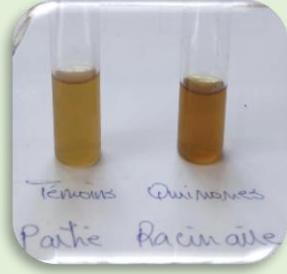
*Partie III : Résultats et discussions*

<p><b>Quinones</b></p>			<p><b>Couleur Jaune Rouge Ou Violet</b></p>
<p><b>Coumarines</b></p>			<p><b>Apparition des troubles</b></p>
<p><b>Saponosides</b></p>			<p><b>Apparition d'une mousse</b></p>
<p><b>Tanins</b></p>			<p><b>Couleur verte foncée ou bleu vert</b></p>
<p><b>Polyphénols</b></p>			<p><b>Couleur Bleue ou verte plus au moins foncée</b></p>

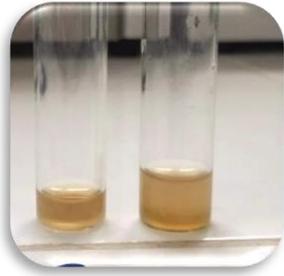
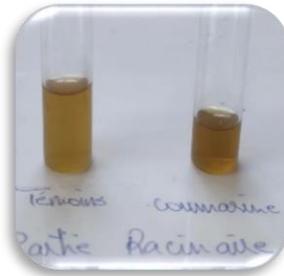
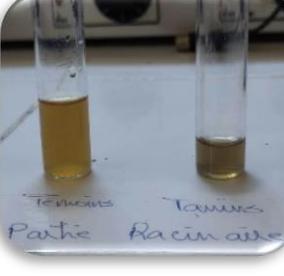
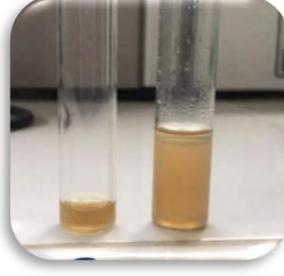
### Partie III : Résultats et discussions

<b>Flavonoïdes</b>			<b>Apparition d'une couleur rose orangée, rose violacée ou rouge</b>
<b>Sucres réducteurs</b>			<b>Précipité rouge brique</b>

**Tableau 10 :** Résultats du screening chimique de la partie aérienne et souterraine d'extrait aqueux obtenu par macération.

Métabolites secondaires testées	Observation				Remarques
	Partie aérienne		Partie souterraine		
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	
<b>Alcaloïdes</b>					<b>Apparition d'un précipité brun et virage au rouge orangée</b>
<b>Quinones</b>					<b>Couleur Jaune Rouge Ou Violet</b>

Partie III : Résultats et discussions

<b>Coumarines</b>			<b>Apparition des troubles</b>
<b>Saponosides</b>			<b>Apparition d'une mousse</b>
<b>Tanins</b>			<b>Couleur verte foncée ou bleu vert</b>
<b>Polyphénols</b>			<b>Couleur Bleue ou verte plus au moins foncée</b>
<b>Flavonoïdes</b>			<b>Apparition d'une couleur rose orangée, rose violacée ou rouge</b>



### III.3. Activité antimicrobienne

Pour caractériser l'activité antimicrobienne de nos extraits d'*E.S*, nous avons utilisé la méthode de diffusion sur gélose. C'est une technique basée sur la mesure du diamètre des zones d'inhibitions apparentes autour des disques chargés d'extraits végétaux.

#### III.3.1. Activité antimicrobienne de la partie aérienne

##### a. Evaluation de l'activité antibactérienne

Après 24 h d'incubation à 37 °C. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 11

**Tableau 11** : Diamètre des zones d'inhibition bactériennes des différents extraits de la partie aérienne d'*Echinops Spinosus*.

		Diamètre de zones d'inhibition (mm)				
		Bactéries à Gram positif		Bactéries à Gram négatif		
Extraits	Concentration (mg/ml)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	<i>Salmonella abony</i> NCTC 6017
Extrait méthanolique (Soxhlet)	50	00	08	16	08	00
	100	08	12	18	10	09
	150	14	09	15	12	10
Extrait éthanolique (Soxhlet)	50	00	00	00	00	00
	100	00	00	00	00	00
	150	00	08	00	00	00
Extrait chloroformique (Soxhlet)	50	08	08	00	08	00
	100	12	11	00	09	00
	150	15	14	09	10	09
Extrait chloroformique (macération)	50	24	15	18	18	22
	100	33	20	24	20	25
	150	49	41	48	50	32
Témoin de contrôle	Positif (Gentamicine 10 UG) 15 ul /disque	24	28	23	21	21

## Partie III : Résultats et discussions

	<b>Négatif (DMSO) 15 ul /disque</b>	00	00	00	00	00
--	---	----	----	----	----	----

00 : Absence de zone d'inhibition / Diamètre inférieur 08 mm : Résistante / Diamètre entre 09 et 14 mm : sensible / Diamètre entre 15 et 19 mm : très sensible / Diamètre supérieure à 20 mm : extrêmement sensible (Moreira et al., 2005).

La quantité d'extrait éthero pétrolique (EEP) sec obtenue n'était pas suffisante pour effectuer l'activité (Figure 07-B).

La mesure des diamètres des zones d'inhibition à révéler :

Une forte activité pour les disques témoins positif, dont la Gentamicine 10 donne des zones d'inhibitions de :

- ✓ 21 mm pour les souches *Escherichia coli* et *Salmonella abony*.
- ✓ 23 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*.
- ✓ 24 mm pour *Staphylococcus aureus*.
- ✓ 28 mm pour *Bacillus subtilis*.

Absence d'une activité pour les témoins négatifs, ce qui indique que le DMSO n'a aucun effet sur les souches bactériennes testées.

Concernant les extraits testés, on a remarqué qu'il existe une résistance des bactéries :

- ✓ *S. aureus* (Gram +) vis-à-vis l'EMs.
- ✓ Toutes les souches bactériennes sont résistantes dans l'EEs.
- ✓ *P. aeruginosa*, *s. abony* (Gram -) dans l'ECs.
- ✓ Aucune souche bactérienne n'est résistante dans l'ECm (Tableau N°12)

### Résultats selon l'extrait et la dilution

L'activité antibactérienne varie d'une bactérie à une autre, selon la concentration et la qualité des extraits (Figure 07) et selon la méthode d'extraction (Figure 05 et 06).

#### Extrait méthanolique par soxhlet

- ✓ Pour cet extrait, les zones d'inhibitions varient de 08 à 18 mm.
- ✓ Toutes les souches bactériennes sont résistantes à concentration 50 mg/ml (sauf *P. aeruginosa* qui est très sensible vis-à-vis les trois concentrations testées).
- ✓ *S. aureus* est résistante à 100 mg/ml et sensible à 150 mg.
- ✓ *B. subtilis*, *E. coli* et *S. abony* sont sensibles à 100 et 150 mg/ml.

#### Extrait éthanolique par soxhlet

- ✓ L'extrait éthanolique à donner une seule zone d'inhibition sur la souche *B. subtilis* à 150 mg/ml (08 mm).
- ✓ Les autres souches bactériennes sont résistantes.

#### Extrait chloroformique obtenu par soxhlet

- ✓ Les diamètres d'inhibition varient entre 08 à 15 mm.
- ✓ A 50 mg/ml toutes les souches sont résistantes.
- ✓ *P. aeruginosa* et *s. abony* sont des souches résistantes à 50 et 100 mg/ml et sensible à la concentration 150 mg/ml.
- ✓ *Bacillus subtilis* et *E. coli* sont des souches sensibles à 100 et 150 mg/ml.
- ✓ *S. aureus* est sensible à 100 mg/ml et très sensible à 150 mg/ml.

#### Extrait chloroformique obtenu par macération

- ✓ Pour cet extrait, les zones d'inhibitions varient entre 15 à 50 mm.

### Partie III : Résultats et discussions

---

- ✓ Aucune souche bactérienne n'est résistante.
- ✓ *B. subtilis*, *P. aeruginosa* et *E. coli* sont très sensibles à la concentration 50 mg/ml
- ✓ Toutes les autres souches sont extrêmement sensibles.

Nos résultats (Tableau 11) sont comparés avec d'autres travaux effectués sur d'*Echinops spinosus* et d'autres plantes appartenant à la famille des Astéracées.

Plusieurs études ont été faites sur l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique et les résultats n'ont donné aucune sensibilité claire.

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Gheffour (2019), les résultats ont montrés que l'extrait hydro alcoolique obtenu par macération de la partie aérienne d'*Echinops spinosus* présente le diamètre d'inhibition le plus élevé vis-à-vis *Bacillus subtilis* (14 mm) et dans nos résultats la zone d'inhibition la plus élevée et *Staphylococcus aureus* (15 mm), cela explique que les différentes concentrations et les méthodes d'extraction jouent un rôle très important dans la résistance et la sensibilité des bactéries.

Une étude effectuée sur l'activité antimicrobienne d'*Echinops Spinosus* par Bouzabata en 2018, l'extrait hexanique à révéler une faible activité antibactérienne.

Des résultats similaires ont été présentés par Çolak et *al.*, (2009), vis -à- vis les bactéries *S. aureus* et *S. abony* qui sont résistantes (00 mm) et *P. aeruginosa* qui est très sensible (18 mm) dans l'extrait méthanolique.

D'après nos résultats :

- ✓ On observe que les grandes zones d'inhibition apparaissent avec l'extrait méthanolique sur *P. aeruginosa* (16-18- 18 mm), et pour l'extrait chloroformique sur *S. aureus* (8 -12 -15 mm).  
*S. aureus* montre une résistance dans l'EMs (50 et 100 mg), *P. aeruginosa* et *S. abony* montrent une résistance dans l'ECs (50 et 100 mg).
- ✓ Il en ressort de cette analyse que chaque composé agit différemment sur les microorganismes. C'est-à-dire, qu'un composé peut avoir une action très importante sur un germe (la sensibilité de *P. aeruginosa* (16 – 18 – 15 mm) avec l'extrait méthanolique) ou une action moindre, voire même nulle sur un autre (la résistance de *P. aeruginosa* et *S. abony* avec l'extrait chloroformique).
- ✓ On peut dire que ces extraits ont une activité antibactérienne qui varie d'une souche à une autre. Cette activité peut être importante, faible ou nulle suivant la concentration de l'échantillon, et selon le degré de sensibilité des souches. (Rees et *al.*, 1985).
- ✓ La résistance de la souche peut être expliquée soit par l'absence des molécules fortement antimicrobiennes présentes dans les extraits, soit par la faible capacité de l'agent antibactérien de diffuser de manière uniforme dans l'agar-agar (Rauha et *al.*, 2000), Il peut aussi lier à la méthode de diffusion en milieu gélosé (Fazeli et *al.*, 2007).

#### Résultat selon les souches (Type de Gram) :

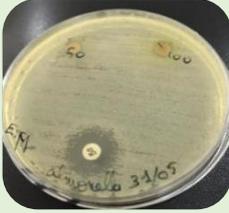
- ✓ A partir des résultats obtenus, il semble que l'action antibactérienne des extraits est plus prononcée sur les bactéries à Gram positif que sur celles à Gram négatif. Ces résultats sont en corrélation avec de nombreuses études précédentes de l'activité antibactérienne des plantes médicinales, où la plupart des plantes ont montré une activité contre les souches à

Gram positif seulement (dans des cas moins fréquents sur les Gram négatif) (Rabanal et *al.*, 2002).

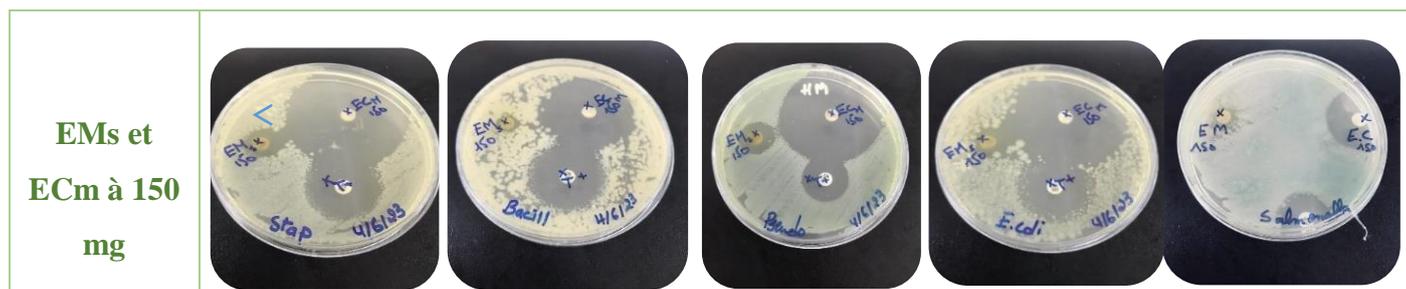
- ✓ La résistance des souches aux extraits peut être due à la différence de structure de paroi cellulaire entre les bactéries Gram positif et Gram négatif. En effet, les souches Gram négatif sont résistantes, dont elles possèdent une structure multicouche liée par une membrane externe qui se compose des phospholipides, des protéines et des lipopolysaccharides, ce qui la rend imperméable aux substances de nos extraits. Par contre les souches Gram positif sont les plus sensibles (la paroi est constituée d'une seule couche fine en peptidoglycane) (Fauchere et Avril, 2002).
- ✓ Cependant, il est important de souligner que même si les souches à Gram positif sont généralement plus sensibles aux extraits végétaux, certaines souches à Gram négatif peuvent néanmoins présenter une certaine sensibilité. Des études ont montré que certaines plantes médicinales possèdent des composés spécifiques capables de pénétrer la structure complexe de la paroi cellulaire des souches à Gram négatif et d'exercer une activité antibactérienne significative.

### Partie III : Résultats et discussions

**Tableau 12** : Effets des différents extraits de la partie aérienne d'*E. Spinosus* sur les souches bactériennes testées.

Bactéries	EMs	EEs	ECs	ECm
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538				
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027				
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739				
<i>Salmonella abony</i> NCTC 6017				

EMs : Extrait méthanolique obtenu par soxhlet, EEs : Extrait éthanolique obtenu par soxhlet, ECs : Extrait chloroformique obtenu par soxhlet, ECm : Extrait chloroformique obtenu par macération.



### b. Évaluation de l'activité antifongique

Après 48h d'incubation à 30°C, les résultats des diamètres des zones d'inhibition fongique d'*Echinops spinosus* sont répertoriés dans le tableau 13.

**Tableau 13 :** Diamètre des zones d'inhibitions fongiques des différents extraits de la partie aérienne d'*Echinops Spinosus*

Extraits	Concentration (mg /ml)	Diamètre de zones d'inhibition (mm)	
		<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404
Extrait méthanolique (soxhlet)	50	00	25
	100	00	32
	150	12	00
Extrait éthanolique (soxhlet)	50	00	00
	100	00	00
	150	00	00
Extrait chloroformique (soxhlet)	50	00	15
	100	00	16
	150	00	20
Extrait chloroformique (macération)	50	20	20
	100	23	23
	150	20	25
Témoin de contrôle	Positif (Econazol 1%) 15 ul / disque	19	32
	Négatif (DMSO) 15 ul / disque	00	00

00 : Absence de zone d'inhibition / Diamètre inférieur 08 mm : Résistante / Diamètre entre 09 et 14 mm : sensible / Diamètre entre 15 et 19 mm : très sensible / Diamètre supérieure à 20 mm : extrêmement sensible (Moreira et al., 2005).

### Partie III : Résultats et discussions

---

Il est difficile de comparer ces résultats car cette plante a été étudiée pour la première fois pour son effet antifongique vis-à-vis les souches de *Candida albicans*, en 2019 par Kamila Gheffour. Après la mesure des diamètres des zones d'inhibition, on observe :

Une forte activité pour les disques témoins positif, dont les zones d'inhibitions sont de :

- ✓ 19 mm pour *Candida albicans*
- ✓ 32 mm pour *Aspergillus niger*.

Absence d'une activité pour les témoins négatifs.

#### Résultats selon l'extrait et la dilution :

Concernant les extraits testés, on a remarqué que :

- ✓ *Candida Albicans* a montré une résistance envers les extraits obtenus par le Soxhlet, à l'exception de la concentration de 150 mg/ml de l'extrait méthanolique ;
- ✓ *Aspergillus niger* a induit une résistance seulement à la concentration 150 mg/ml d'extrait méthanolique ;
- ✓ L'extrait éthanolique obtenu par soxhlet n'a donné aucune activité
- ✓ Aucune résistance dans l'extrait chloroformique par macération n'a été notée. (Tableau 13)

Ces résultats suggèrent que *C. albicans* est résistante contrairement à *A. niger* qui est sensible. Nos résultats ont montré que l'extrait chloroformique obtenu par macération est le plus actif par rapport aux extraits obtenus par Soxhlet (Tableau 14).

Nos résultats sont comparés à d'autre étude de l'espèce *Echinops spinosus* et d'autres espèces de la famille des Astéracées :

Les résultats obtenus par Çolak et al., (2009) rapportent que l'extrait méthanoïque a un effet remarquable sur *C. albicans* (13 mm).

Des résultats similaires ont été présentés par Larbi (2014), montrant que *C. albicans* a présenté une résistance envers presque tous les extraits testés, à l'exception de l'extrait hydro alcoolique obtenu par macération (10 mm).

Les résultats obtenus sur *C. albicans* sont comparés à ceux obtenus par Gheffour (2019), l'activité de l'extrait hydro alcoolique obtenu par macération était nulle, par contre nous avons observé une très bonne activité dans notre extrait hydro alcoolique obtenu par macération (20 – 23 – 20 mm).

Les résultats d'étude effectuée par Bouzabata et al., (2018) sur l'activité antifongique d'*Echinops spinosus* : aucun résultat significatif n'a été observée.

Ces observations mettent en évidence l'influence des différentes concentrations et méthodes d'extraction sur l'activité antifongique de la plante.

Cela souligne également l'importance de mener davantage de recherches pour comprendre les mécanismes d'action des extraits et optimiser leurs performances antifongiques, en vue de leur utilisation potentielle dans le traitement des infections fongiques.

Partie III : Résultats et discussions

**Tableau 14 :** Effets des différents extraits de la partie aérienne d'*E. Spinosus* sur les souches fongiques testées

Extraits	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404
EMs		
EEs		
ECs		
ECm		

EMs : Extrait méthanolique obtenu par soxhlet, EEs : Extrait éthanolique obtenu par soxhlet, ECs : Extrait chloroformique obtenu par soxhlet, ECm : Extrait chloroformique obtenu par macération.

### III.3.2. Activité antimicrobienne de la partie souterraine

#### a. Evaluation de l'activité antibactérienne

Les résultats des diamètres des zones d'inhibition bactérienne de la partie souterraine d'*Echinops spinosus* sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 15).

**Tableau N° 15 :** Diamètre des zones d'inhibition bactériennes de la partie souterraine d'*Echinops spinosus*

		Diamètre de zones d'inhibition (mm)				
		Bactéries à Gram positif		Bactéries à Gram négatif		
Extraits	Concentration (mg/ml)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	<i>Salmonella abony</i> NCTC 6017
Extrait chloroformique (macération)	50	00	00	00	00	00
	100	08	00	00	08	08
	150	08	00	00	10	09
Témoin de contrôle	Positif (Gentamicine 10 UG) 15 ul /disque	24	28	23	21	21
	Négatif (DMSO) 15 ul /disque	00	00	00	00	00

00 : Absence de zone d'inhibition / Diamètre inférieur 08 mm : Résistante / Diamètre entre 09 et 14 mm : sensible / Diamètre entre 15 et 19 mm : très sensible / Diamètre supérieure à 20 mm : extrêmement sensible (Moreira et al., 2005).

Après la mesure des diamètres des zones d'inhibition on observe :

Une forte activité pour les disques témoins positif :

- ✓ 21 mm pour les souches *Escherichia coli* et *Salmonella abony*.
- ✓ 23 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*.
- ✓ 24 mm pour *Staphylococcus aureus*.
- ✓ 28 mm pour *Bacillus subtilis*.

Absence d'une activité pour les témoins négatifs, ce qui indique que le DMSO n'a aucun effet sur les souches testées.

On a remarqué qu'il existe une résistance des bactéries Gram + par rapport aux bactéries Gram – (*E. coli* et *S. abony* sont sensible à 150 mg/ml).

#### Résultats selon l'extrait et la dilution

Extrait chloroformique obtenu par macération de la partie souterraine

- ✓ Les zones d'inhibitions varient de 08 à 10 mm.
- ✓ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas aeruginosa* sont résistantes.

### Partie III : Résultats et discussions

- ✓ *Escherichia coli* et *Salmonella abony* sont résistantes à la concentration 50 et 100 mg/ml et sensibles à 150 mg/ml (Tableau 16).

Nos résultats présentés dans le tableau 15 sont comparés avec d'autres travaux effectués sur l'espèce *Echinops spinosus*.

Les résultats obtenus par Gheffour Kamila (2019) ont montré que l'extrait hydro alcoolique obtenu par macération de la partie souterraine d'*Echinops spinosus* présente une résistance envers tous les bactéries, nos résultats sont similaires vis-à-vis les bactéries *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas aeruginosa* qui sont résistantes.

#### Résultats des deux parties de la plante (aérienne et souterraine)

Après la comparaison des résultats de l'extrait chloroformique obtenu par macération des deux parties de la plante, on remarque que :

L'extrait de la partie aérienne a donné : des grandes zones d'inhibition ce qui explique la sensibilité des souches testées (une forte activité antibactérienne).

Contrairement à l'extrait de la partie souterraine on observe des petites zones d'inhibition, ce qui indique la résistance des bactéries testées (une faible activité antibactérienne).

**Tableau 16 :** Effet de l'extrait chloroformique de la partie souterraine d'*E. spinosus* sur les souches bactériennes testées.

Extrait	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	<i>Salmonella abony</i> NCTC 6017
ECms					

ECms : Extrait chloroformique obtenu par macération de la partie souterraine

#### b. Evaluation de l'activité antifongique

Les résultats des diamètres des zones d'inhibition fongique de la partie souterraine d'*Echinops spinosus* sont répertoriés dans le tableau 17.

**Tableau 17** : Diamètre des zones d'inhibitions fongiques de la partie souterraine d'*Echinops Spinosus*.

Diamètre de zones d'inhibition (mm)			
Extrait	Concentration (mg /ml)	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404
Extrait chloroformique (macération)	50	00	00
	100	00	08
	150	00	08
Témoin de contrôle	positif (Econazole 1%) 15 ul / disque	19	32
	négatif (DMSO) 15 ul / disque	00	00

00 : Absence de zone d'inhibition / Diamètre inférieur 08 mm : Résistante / Diamètre entre 09 et 14 mm : sensible / Diamètre entre 15 et 19 mm : très sensible / Diamètre supérieure à 20 mm : extrêmement sensible (Moreira et al., 2005).

Après la mesure des diamètres des zones d'inhibition, on observe :

Une forte activité pour les disques témoins positif, dont les zones d'inhibitions sont de :

- ✓ 19 mm pour *Candida albicans*
- ✓ 32 mm pour *Aspergillus niger*.

Absence d'une activité pour les témoins négatifs, ce qui indique que le DMSO n'a aucun effet sur les souches testées.

Les deux souches testées (*Candida albicans* et *Aspergillus niger*) sont résistantes.

### Résultats selon l'extrait et la dilution

#### Extrait chloroformique obtenu par macération de la partie souterraine

- ✓ Aucune zone d'inhibition pour *Candida albicans* sur les trois concentrations ce qui explique sa résistance.
- ✓ *Aspergillus niger* n'a montré aucune zone sur la concentration 50 mg /ml et une résistance envers 100 et 150 mg /ml.

Il est difficile de comparer ces résultats car cette plante a été étudiée pour la première fois pour son effet antifongique vis-à-vis les souches de *Candida albicans*, en 2019 par Kamila Gheffour. Les résultats sont similaires à celle de Gheffour (2019), dans l'extrait hydro alcoolique vis -à- vis la levure *C. albicans* qui est résistantes (aucune zone d'inhibition).

### Résultats selon les deux parties de la plante (aérienne et souterraine)

Après observation des résultats des deux parties de la plante, on conclut que l'extrait chloroformique obtenu par macération à donner :

- Partie aérienne : une sensibilité des souches fongique testées (une forte activité antifongique).

### Partie III : Résultats et discussions

- Partie souterraine : une résistance des souches testées (une faible activité antifongique).

**Tableau 18 :** Effet de l'extrait chloroformique de la partie souterraine d'*E. Spinosus* sur les souches fongiques testées

Extrait	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404
ECms		

ECms : Extrait chloroformique obtenu par macération de la partie souterraine

## Conclusion

---

Nous avons mené la présente étude dans le but d'explorer les propriétés phytochimique et l'activité antimicrobienne des extraits de la plante *Echinops spinosus*.

L'analyse des parties aériennes et souterraines de la plante a révélé la présence de divers groupes chimiques, tels que les alcaloïdes, quinones, coumarines, saponosides, tanins, polyphénols, flavonoïdes et les sucres réducteurs. Les résultats indiquent la richesse chimique de cette plante et son potentiel pour la découverte de composés bioactifs à intérêt thérapeutique.

Les rendements d'extraction des différents extraits ont également été déterminés, et ils ont été influencés par la méthode d'extraction et le solvant utilisé. Ces facteurs peuvent jouer un rôle crucial dans les propriétés bioactives des extraits obtenus.

Pour évaluer l'activité antimicrobienne des extraits, nous avons utilisé la méthode de diffusion sur gélose, en testant différentes souches bactériennes de référence telles que *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Salmonella abony*, ainsi que les souches fongiques *Candida albicans* et *Aspergillus niger*. Les résultats ont montré des résistances pour certaines souches microbiennes et une sensibilité pour d'autres, l'extrait chloroformique obtenu par macération de la partie aérienne, a montré une bonne activité microbienne (sensibilité des souches microbienne testées), contrairement à l'extrait chloroformique de la partie souterraine qui a montré une faible activité.

Il est important de noter que ces résultats dépendent du lieu de récolte, du climat, de la méthode de séchage, la méthode d'extraction utilisée, le choix du solvant et les conditions d'extraction. Par conséquent, il est difficile de comparer les résultats entre différentes études réalisées en raison de ces variations.

Par ailleurs, *Echinops spinosus* présente un potentiel intéressant en tant que source de métabolites secondaires ayant des propriétés médicinales. Nous espérons que ces résultats contribueront à l'enrichissement des connaissances dans le domaine de la photochimie et de l'activité des plantes contre les microorganismes.

- Alaoui J., Moulay A., (2002), Echinops extract with anti-cancer activity. Patent NO : US 6, 395, 312 B1.
- Asadi S., A.S Wexler A.S., C.D., Cappa C.D., Barreda S., Bouvier N.M., Ristenpart W.D., (2019), Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness, scientific reports, 9.
- Bouzabata A., (2015), Contribution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique MYRTUS COMMUNIS L. « Thèse de doctorat », Université Badji Mokhtar Annaba.
- Bouzabata A., Mohamad F., Mahomoodall Y.G., Cordell A., (2019), Microscopic identification of *Echinops spinosus* ssp. *bovci* (Boiss.) Murb, using multivariate tests Journal of Research in Pharmacy. Marmara University Press. ISSN : 2630-6344 .p 797.
- Ben Abdallah R., Frikha D., Maalej S., Sassi S., (2019), Évaluation in vitro de l'activité antibactérienne et antifongique de quatre espèces algales marines, 31, p 39-43.
- Bost J., Ferrando R., Peyron R., Marboux H., (1954). Sur quelques propriétés pharmacodynamiques d'*Echinops spinosus* L. Bulletin De L Academie Veterinaire De France, 107 (2), p 87-93.
- Boullard B., (2001), Plantes médicinales du monde (Croyances et réalité), éditions ESTEM, France Paris, p 204.
- Bouattour E., Fakhfakh J., Chawech R., (2017), Chemical constituents of *Echinops spinosus* from Tunisia, Chemistry of natural compounds, 53 (5), p 1- 4.
- Boumaraf ép Djendli M., Benyahia S., (2016), Contribution phytochimique à la valorisation de deux plantes médicinales : *Echinops spinosus* et *Pulicaria undulata*. Recherche et détermination structurale de leurs principales substances bioactives. « Thèse de doctorat », Université Frères Mentouri Constantine 1, p 41.
- Bellakhdar J., (1997), La pharmacopée marocaine traditionnelle-Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Editions Ibis Press, Paris, 208.
- Çolak F., Savaroglu F., Ilhan S., (2009), Antibacterial and antifungal activities of *Arum maculatum* L. leaves extracts, Journal of Applied Biological Sciences, 3, p 13-16.
- Chermat S., Gharzouli R., (2015), Ethnobotanical study of medicinal flora in the north east of algeria - an empirical knowledge in djebel zdim (Setif). J. Mater. Sci. Eng. A5 (1-2), p 50-59.
- Chehma A., et Djebar M.R., (2008), Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien ; distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique, Revue Synthèse N° 17, p 40.
- Ciulei I., (1982), Practical manuals on the industrial utilization of chemical and aromatic plants, Methodology for analysis of vegetable drugs. Bucharest : Ed. Ministry of chemical industry, 67.
- Daira N.H., Maazi M.C., Chefrou A., (2016), Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale *Ammoides verticillata* (Desf.) Briq. De l'Est Algérien, 85, p 276 - 290
- Donner F., Mahé M., (1970), L'échinopode de Pline existe-t-il? Revue D'Histoire De La Pharmacie, 58(207), p 266-268.
- Dohou N., Yamni K., Tahrouch S., Idrissi Hassani L.M., Badoc, Gmira N., (2003), Screening phytochimique d'une endémique ibéro-marocaine, *Thymelaea lythroides* » Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 142, p 61-78.
- El Abbouyi P.A., Ansari N.F., Khyari P.S.E., Loukili H., (2014), Inventory of medicinal plants prescribed by traditional healers in El Jadida city and suburbs (Morocco) Int. J. Green Pharm, 8, p 242-251.
- Foucaud A., Mahé M., (1970), L'échinopode de Pline existe-t-il ? Revue D'Histoire De La Pharmacie, 58 (207), p 266-268. <https://doi.org/10.3406/pharm.1970.6973>
- Faucher J.L., Avril J.L., (2002). Bactériologie générale et médicale, Tome 1, Edition Ellipses, Paris, p 214.

## Références bibliographique

---

- Fazeli M., Amin G., Ahmadin-Attari M., Ashtiani H., Jamalifar H., Samadi N., (2007). Antimicrobial activities of Iranian sumuc and avishane shirazi (*Zotaria multiflora*) against some food-borne bacteria, *Food Control Ethnopharmacol*, 18, p 123-126.
- Gheffour k., (2019), Etude phytochimique et évaluation des activités biologiques des extraits d'*Echinops spinosus* de la région de Tlemcen, « Thèse de doctorat », Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, p 11, p 23, p 69 et 75.
- Gheffour k., Boucherit k., Boucherit-Otmani k., (2015), Etude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des extraits d'*Echinops spinosus*, 13, p 288- 294
- Grahamtje G., Quinn ML., Fabricant DS., Farnsworth NR., (2005), Plants used against cancer an extension of the work of Jonathan Hartwell. *Journal of Ethnopharmacology*, 73, p 347-377.
- Hammiche V., Maiza K., (2006), Traditional medicine in Central Sahara : Pharmacopoeia of Tassili N'ajjer. *Journal of Ethnopharmacology*, 105, p 358-367.
- Hegnauer R., (1973), *Chemotaxonomie der Pflanzen*, Birkhäuser Verlag, Basel, Stuttgart, 6, p 761.
- Hulim A., Deguillaume A.M., Bretagne S., Bézie Y., (2005), Bon usage des antifongiques dans le traitement des candidoses et aspergilloses invasives, *Journal de Pharmacie Clinique*, N° 3, 24, p 125-126.
- Hymete A., Iversen TH., Rohloff J., Erko B., (2005), Screening of *Echinops ellenhecki* and *Echinops longisetus* for biological activities and chemical constituents. *Phytomedicine*, 12, p 675-679.
- Ionut-Florin P., (2016), Valorisation des Activités biologiques de certaines espèces végétales sahariennes Nord-africaines, « Thèse de doctorat », Université de Bordeaux, Ecole Doctorale Sciences de l'Environnement, p 34.
- Kramer L.D., (2020). Revue générale sur les virus. Edition Professionnelle Du Manuel MSD. [https://www.msmanuals.com/fr/professional/maladies\\_infectieuses/virus/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-sur-les-virus](https://www.msmanuals.com/fr/professional/maladies_infectieuses/virus/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-sur-les-virus)
- Kamar L.D., (2023), Examen médical, PhD, Wadsworth Center, New York State Department of Health, Examen médical mars 2023, revue générale sur les virus.
- Lahsissene H., Kahouadji A., Tidjane M., Hseini S., (2009), Catalogue des Plantes : médicinales utilisée dans la région de zaer (Maroc occidentale), *Lejeunia revue de botanique*, 186, p 8.
- Lee, H., Choi, B., (2003), Knowledge management enablers, processes, and organizational performance : An integrative view and empirical examination, *Journal of Management Information Systems*, 20, p 179-288.
- Mekhoukhe A., (2008), Étude de certaines activités biologiques des composés phénoliques extraits de cinq plantes médicinales de la région de Bejaia, « Mémoire de magister », Université Abderrahmane Mira de Bejaia, p 39.
- Moreira M.R., Ponce A.G., de Valle C.E., Roura S.I., (2005), Inhibitory parameters of essential oils to reduce foodborne pathogens. *Lebensmittel-wissenschaft und-technologie-LWT*, 38 : p 565-570.
- Mécanismes de résistance aux antiviraux. [https://aemip.fr/?page\\_id=3771](https://aemip.fr/?page_id=3771)
- Nabti Larbi Z., (2014), Évaluation des activités antioxydante et antimicrobienne des extraits de *Oudneya africana* *Randonia africana* Coss, « Mémoire de magister », Université Ferhat Abbas Sétif 1, p 59.
- Nascimento G.F., Locatelli J., Freitas P.C., Silva G.L., (2000), Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31, p 247-256.
- Nakkab S, (2019), Etude de quelques activités biologiques d'une plante : *Cestrum parqui*, « Thèse de doctorat », Université Saad Dahleb de Blida 1, p 54.

- Oloyede., (2005), Chemical Profile of Unripe of *Carica papaya*, Pakistan journal of nutrition, 4 (6), p 379-381.
- Padashetty S.A., Mishra S.H., (2007), Effect of terpenoidal fraction of *Echinops echinatus* roots on reproductive parameters of male rats. Journal of Natural Medicines, 61, p 452-457.
- Pressler T., Bohmova B., Conway S., Dumciusd S., Hjelte L., Høiby N., Kollberg H., Tümmlerg B., Vavrovab V., (2011), Chronic *Pseudomonas aeruginosa* infection definition, EuroCareCF Working Group report, 10 (2), p 75-78
- Richard P., Raxworthy C.J., Nakamura M., Townsend Peterson A., (2007), Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography, 34 (1), p 102-117.
- Rabanal R.M., Arias A., Prado B., Hernandez-Pérez M., Sanchez-Mateo C.C., (2002), Antimicrobial studies on three species of *Hypericum* from the Canary Islands, Journal of Ethnopharmacology, 81, p 287-292.
- Rauha J.P., Remes S., Heinonen M., Hopia A., Kähkönen M., Kujala T., Pihlaja K., (2000), Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds, International Journal of Food Microbiology, 56, p 3- 12
- Ronchetti F., et Russo G., (1971), A new alkaloid from *Rauvolfia vomitoria* , Phytochemistry, HEGNAUER, 10, p 1385-1388.
- Rimbau V., Cerdan C., Josep Iglesias R.V., (1999), Anti-inflammatory activity of some extracts from plants used in the traditional medicine of north-African Countries. Phytother., Res., 13, p 128-132.
- Rees S., Harborne J., (1985), The role of sesquiterpene Lactones and phenolics in the Chemical defence of the chicory plant, Phytochemistry, 24, p 2225-2231.
- Saidi I., (2019), Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae : *Gleditsia triacanthos* de la région de Sidi Bel Abbès : Extraction des substances bioactives, « Thèse de doctorat », Université Djillali Liabès Sidi Bel Abbés, p 60.
- Sánchez-Jiménez I., Lazkov G., Hidalgo O., Garnatje T., (2010), Molecular systematics of *Echinops* L. (Asteraceae, Cynareae): A phylogeny based on ITS and trnL-trnF sequences with emphasis on sectional delimitation, 59(3), p 698- 708
- Singh B., Gambhir S.S., Pandey V.B., Joshi V.K., (1989), Anti-inflammatory activity of *Echinops echinatus*, Journal of Ethnopharmacology, 25, p 189-199.
- Tenaillon O., Skurnik D., Picard B., Denamur E., (2010), The population genetics of commensal *Escherichia coli*, 8, 208-2017, p 207.
- Trease E., EVANS W.C., (1987), Pharmacognosy, Billiare. Tindall. London 13, Edn, p 61-62.
- Tene M., Tane P., Sondengam B.L., Connolly JD, (2004), Lignans from the roots of *Echinops giganteus*, Phytochemistry, 65, p 2101-2105.
- Topsante.com. (2017, April 4). Maladies virales – Tout savoir : tout savoir. <https://www.topsante.com/Landing-Pages/maladies-virales-tout-savoir>
- Zhang X., MA Z., (2010), Characterization of bioactive thiophenes from the dichloromethane extract of *Echinops grijisii* as Michael addition acceptors. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 397, p 1975-1984.
- Zitouni-Nourine S.H., Belyagoubi-Benhammou N., El-Houaria Zitouni-Haouar F., Douahi O., Chenafi F., Habiba Fetati, Chabane Sari S., Benmahieddine A., Zaoui C., Mekaouche F.Z.N., Bekkara F.A., Kambouche N., Gismondi A., Toumi H, (2022), *Echinops spinosissimus* Turra Root Methanolic Extract: Characterization of the Bioactive Components and Relative Wound Healing, Antimicrobial and Antioxidant Properties, 11(24).

# Annexes

## ANNEXES

### Annexe 01 :

➤ Appareillages :

			
Balance de précision	Agitateur	Soxhlet	Rota vapeur
			
Chauffe ballon	Etuve	Bec benzène	Autoclave
			
Micropipette	Bain marie	Réfrigérateur	Broyeur

## Annexes

### ➤ Verreries et autre matériel

			
Bécher	Eprouvette	Ballon à fond plat	Ballon
			
Boîte pétri	Tube à essai	Pipette Pasteur	Pince
			
Disques de 6 mm	Flacon	Papier filtre	Portoir

### ➤ Réactif et solvant :

- ✓ HCl
- ✓ FeCl<sub>3</sub>
- ✓ KOH
- ✓ DRAGENDORFF
- ✓ Ethanol
- ✓ Ethanol chlorhydrique
- ✓ Acide chlorhydrique
- ✓ Copeaux de Magnésium
- ✓ Alcool isomylique
- ✓ Liqueur de Fehling
- ✓ NaOH
- ✓ Eau distillée

## Annexes

### Annexe 02 :

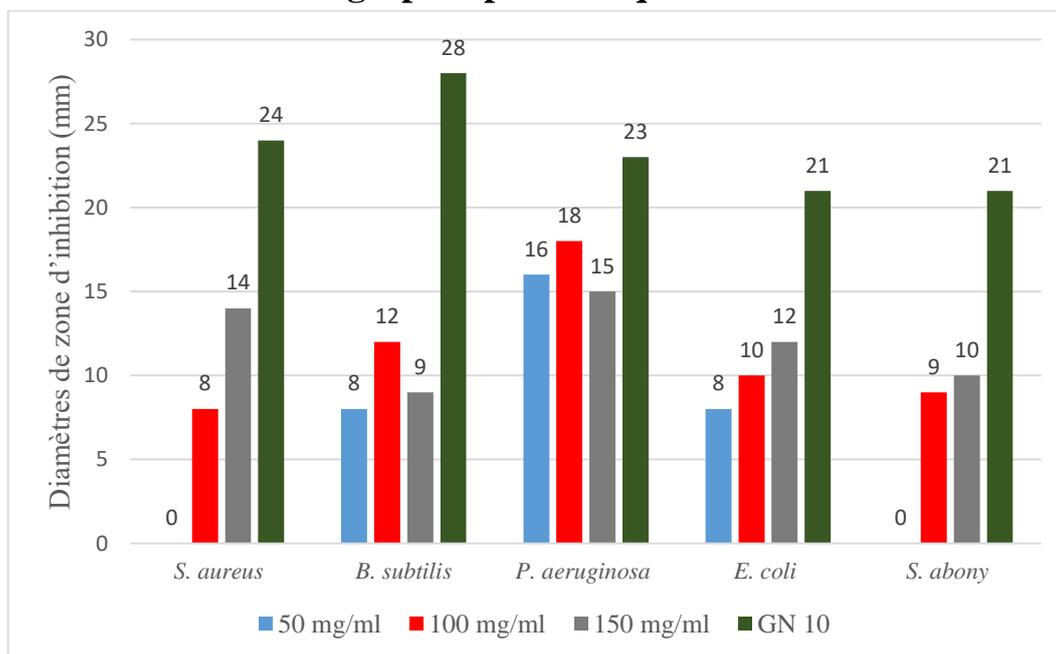
**Tableau :** L'utilisation traditionnelle des différentes espèces du genre *Echinops* dans différents pays.

Pays	Espèce	Maladies traitées
Chine	<i>E. grijsii</i> <i>E. grijsii</i> + <i>E. latifolius</i>	-Plante entière : traiter l'Hypertension artérielle ; -Plante entière : stimuler la lactation ou « détoxifier » l'organisme ; -Racine : traiter certaine cancer
Inde	<i>E. echinatus</i>	-Plante entière : employer comme anti inflammatoire et comme antalgique ; -Racine : utilisées contre la fièvre et la toux ; -Utilisées comme diurétique ou pour soulager certaines troubles uro-génitales ; -Accélérer la délivrance.
Maroc	<i>E. spinosus</i>	-Racine : stimulant de l'appétit, rhume, diabète, calculs rénaux, hypoglycémiant.
Ethiopie	Certain espèces	-Traitée certaine troubles cardiaque, la migraine, la diarrhée, des hémorroïdes et vermifuge.
Cameroun	<i>E. giganteus</i>	-Prévenir certains troubles cardiaques et gastriques.
Nord du Sahara	<i>E. bovei</i>	-Traitées l'infections oculaires, les troubles digestifs, la diarrhée ou la fièvre (les parties aériennes).
Sahara septentrionale Algérienne	<i>E. spinosus</i> (Fougaa el djemel)	-Partie aérienne : Hémorroïdes. -Racines : Améliorer le système circulatoire. -Douleurs de travail, abortives, névralgies.

(The\_Genus\_Echinops\_Phytochemistry\_and\_Biological\_A)

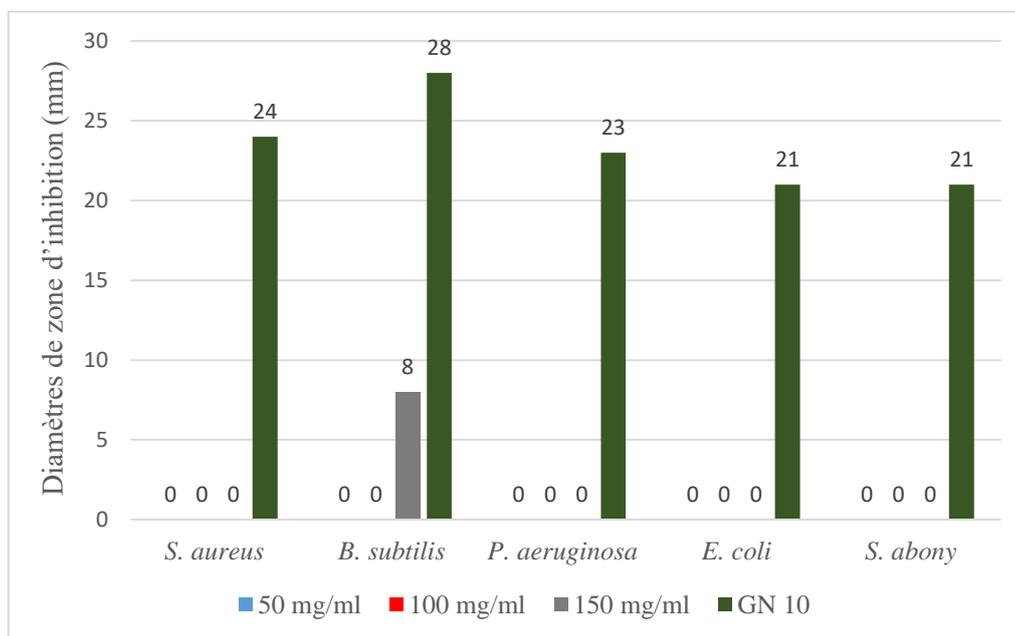
Annexe 03 :

Les graphes pour chaque extrait



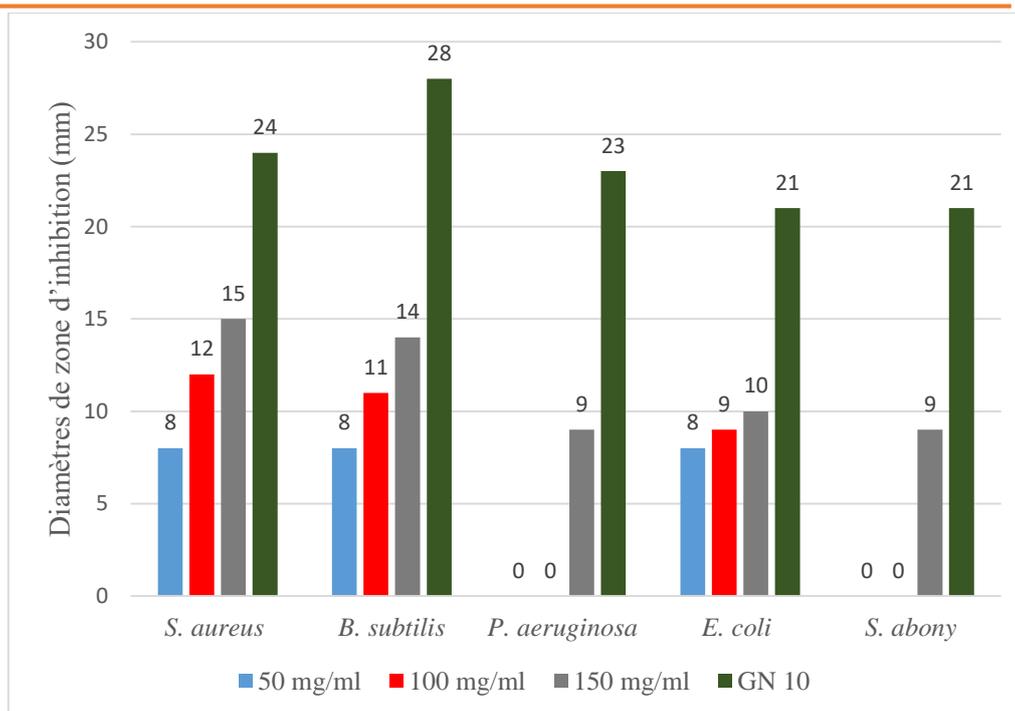
EMs : Extrait méthanolique par soxhlet /*S. aureus* : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 /*B. subtilis* : *Bacillus subtilis* ATCC 6633 /*P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 /*E. coli* : *Escherichia coli* ATCC 8739 /*S. abony* : *Salmonella abony* NCTC 6017 /GN 10 : Gentamicine 10

Figure 01 : Evaluation de l'activité antibactérienne de l'EMs de la partie aérienne



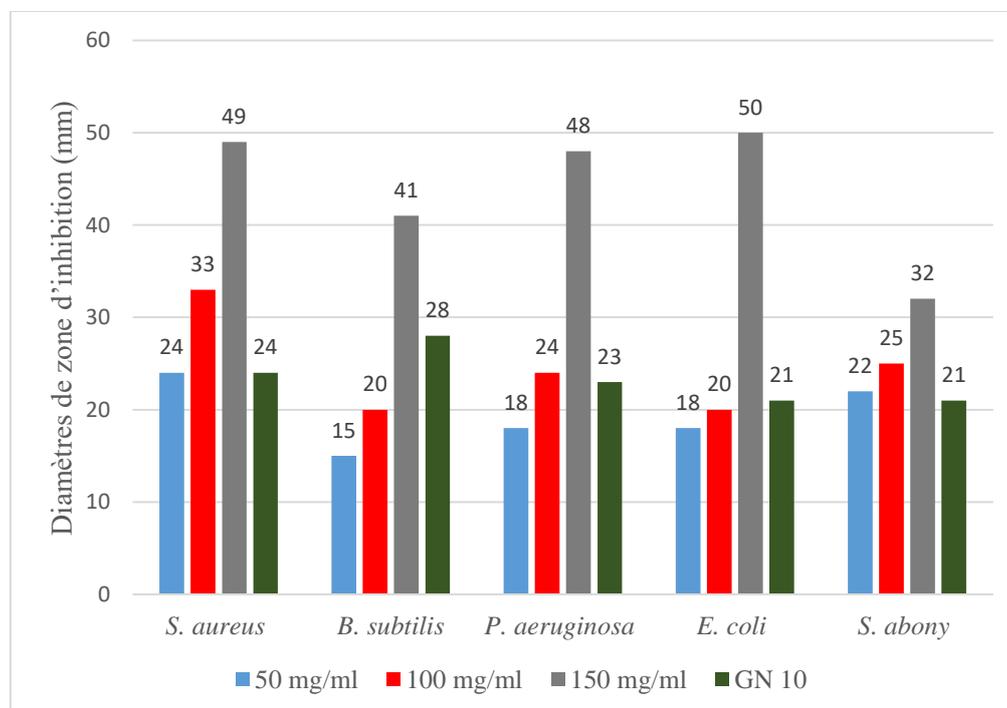
EEs : Extrait éthanolique (soxhlet) /*S. aureus* : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 /*B. subtilis* : *Bacillus subtilis* ATCC 6633 /*P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 /*E. coli* : *Escherichia coli* ATCC 8739 /*S. abony* : *Salmonella abony* NCTC 6017 /GN 10 : Gentamicine 10

Figure 02 : Evaluation de l'activité antibactérienne de l'EEs de la partie aérienne



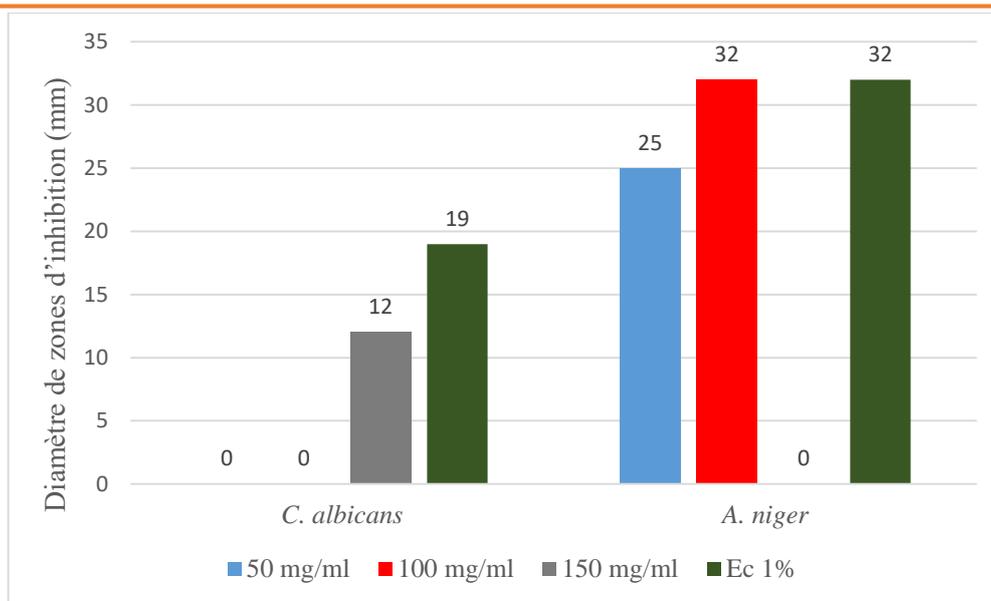
ECs : Extrait chloroformique par soxhlet /*S. aureus* : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 /*B. subtilis* : *Bacillus subtilis* ATCC 6633 /*P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 /*E. coli* : *Escherichia coli* ATCC 8739 /*S. abony* : *Salmonella abony* NCTC 6017 /GN 10 : Gentamicine 10

**Figure 03 :** Evaluation de l'activité antibactérienne de l'ECs de la partie aérienne



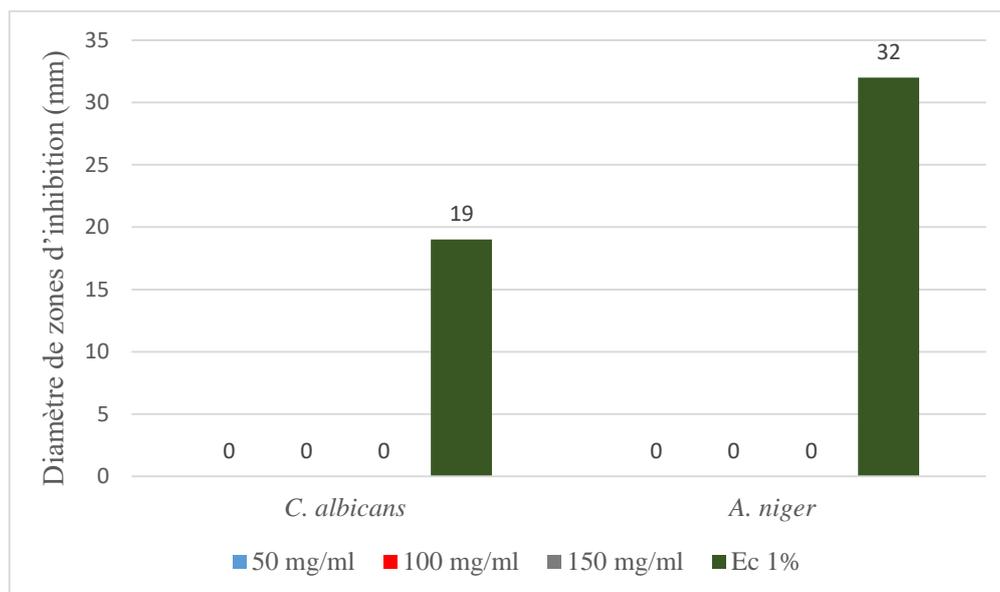
ECm : Extrait chloroformique par macération /*S. aureus* : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 /*B. subtilis* : *Bacillus subtilis* ATCC 6633 /*P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 /*E. coli* : *Escherichia coli* ATCC 8739 /*S. abony* : *Salmonella abony* NCTC 6017 /GN 10 : Gentamicine 10

**Figure 04 :** Evaluation de l'activité antibactérienne de l'ECm de la partie aérienne



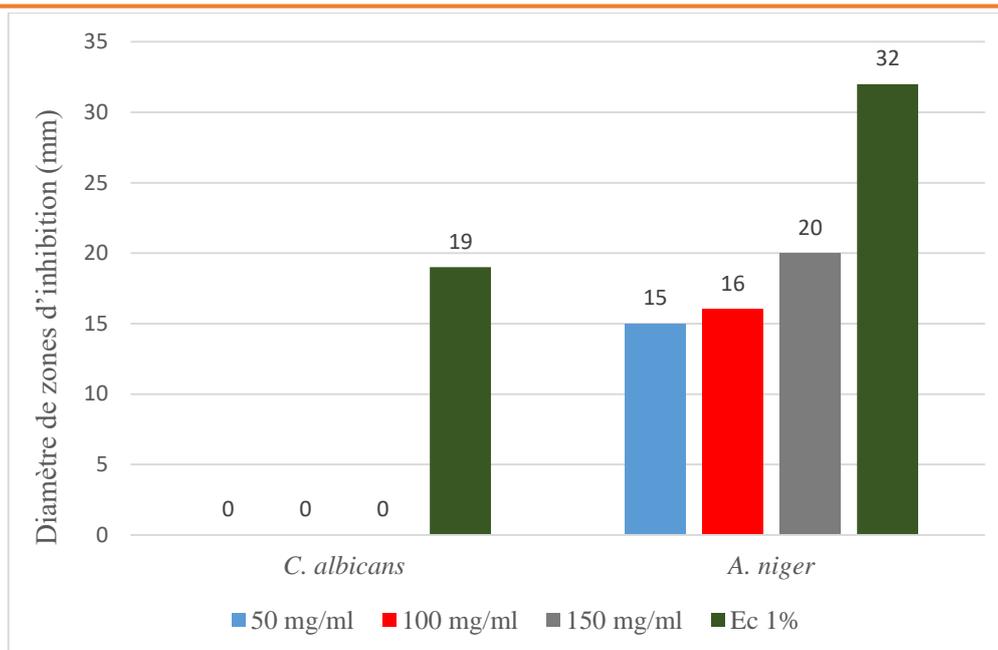
EMs : Extrait méthanolique par soxhlet / *C. albicans* : *Candida albicans* ATCC 10231 / *A. niger* : *Aspergillus niger* ATCC 16404  
/Ec1% : Econazole 1%

**Figure 05 :** Evaluation de l'activité antifongique de l'EMs de la partie aérienne



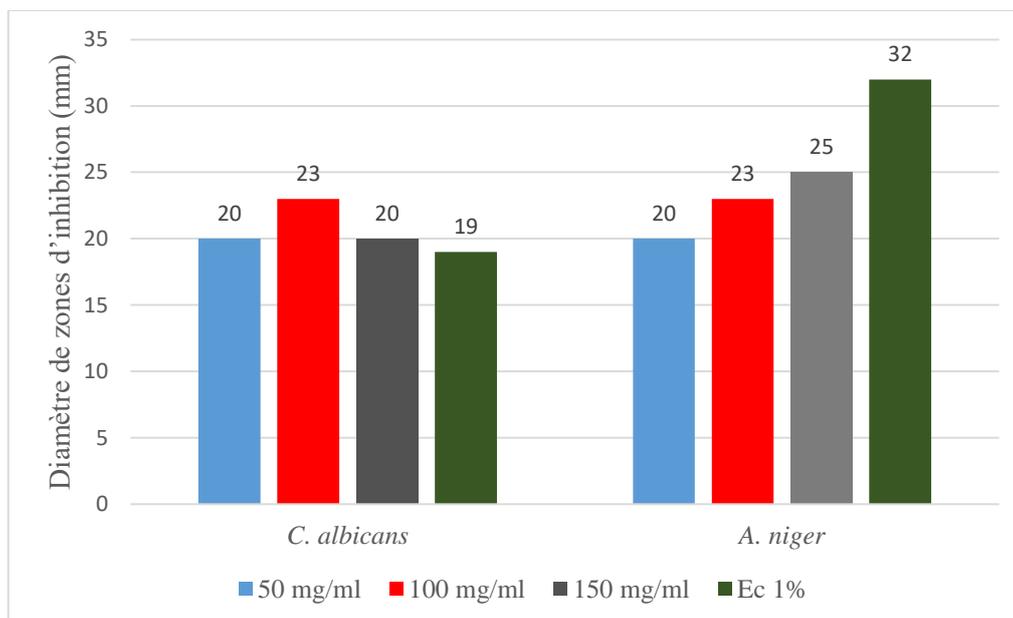
EEs : Extrait éthanolique par soxhlet / *C. albicans* : *Candida albicans* ATCC 10231 / *A. niger* : *Aspergillus niger* ATCC 16404  
/Ec 1% : Econazole 1%

**Figure 06 :** Evaluation de l'activité antifongique de l'EEs de la partie aérienne



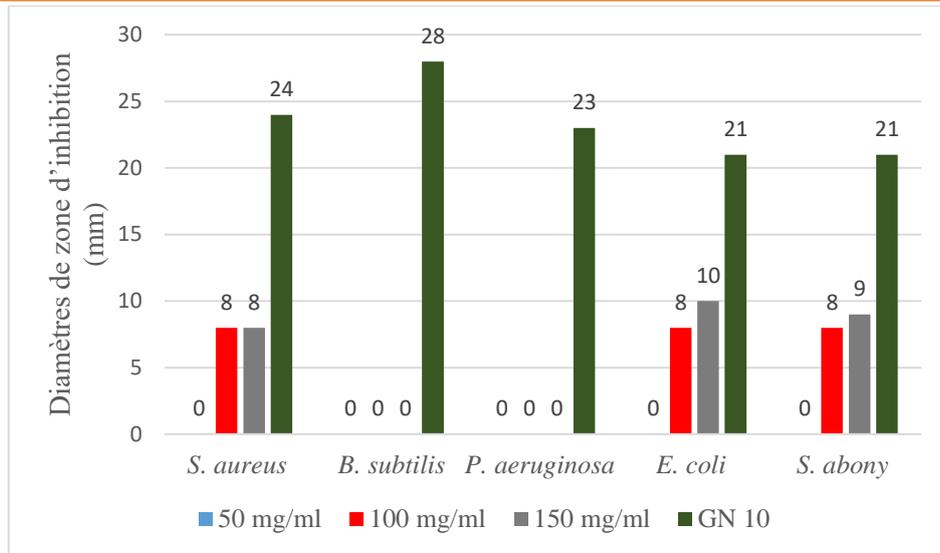
ECs : Extrait chloroformique par soxhlet / *C. albicans* : *Candida albicans* ATCC 10231 / *A. niger* : *Aspergillus niger* ATCC 16404 / Ec 1% : Econazole 1%

**Figure 07 :** Evaluation de l'activité antifongique de l'ECs de la partie aérienne



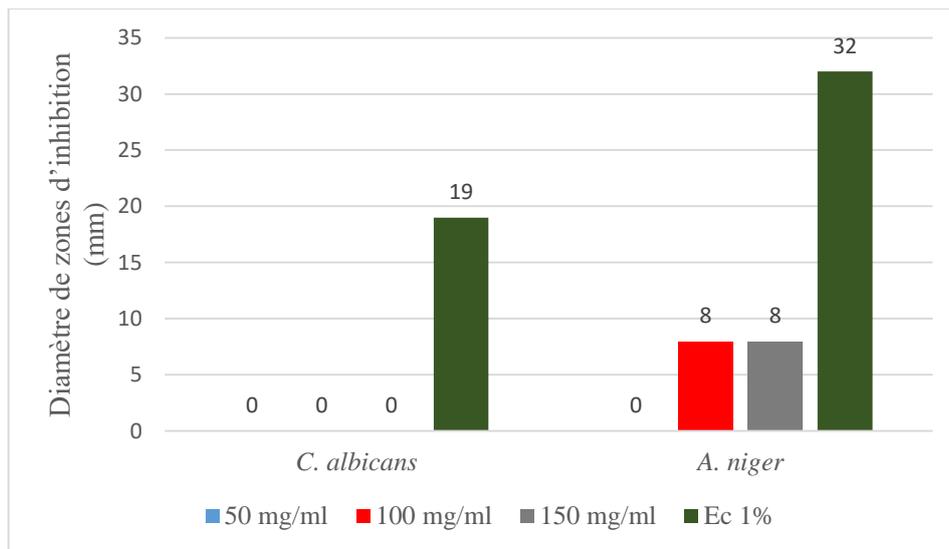
ECm : Extrait chloroformique par macération / *C. albicans* : *Candida albicans* ATCC 10231 / *A. niger* : *Aspergillus niger* ATCC 16404 / Ec1% : Econazole 1%

**Figure 08 :** Evaluation de l'activité antifongique de l'ECm de la partie aérienne



ECm : Extrait chloroformique par macération / *S. aureus* : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 / *B. subtilis* : *Bacillus subtilis* ATCC 6633 / *P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 / *E. coli* : *Escherichia coli* ATCC 8739 / *S. abony* : *Salmonella abony* NCTC 6017 / GN 10 : Gentamicine 10

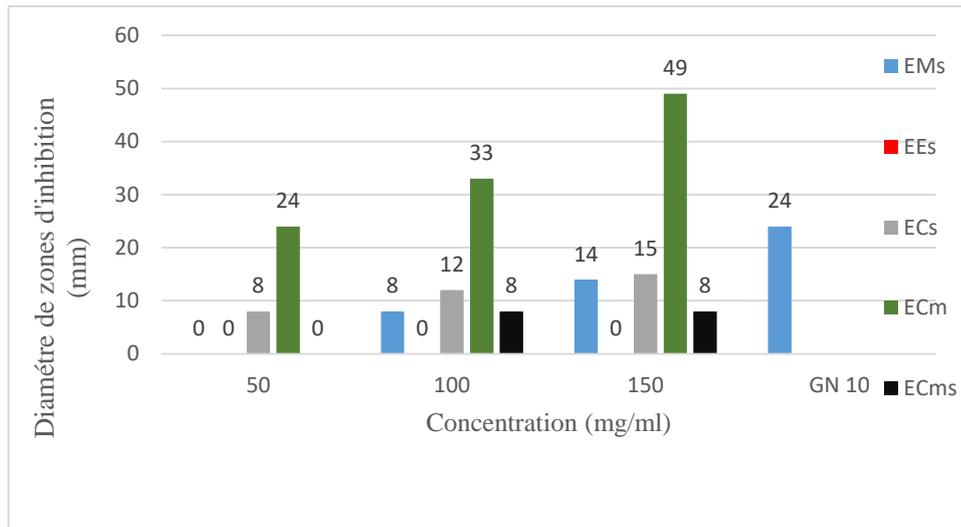
**Figure 09 :** Evaluation de l'activité antibactérienne de l'ECm de la partie souterraine



ECm : Extrait chloroformique par macération / *C. albicans* : *Candida albicans* ATCC 10231 / *A. niger* : *Aspergillus niger* ATCC 16404 / Ec 1% : Econazole 1%

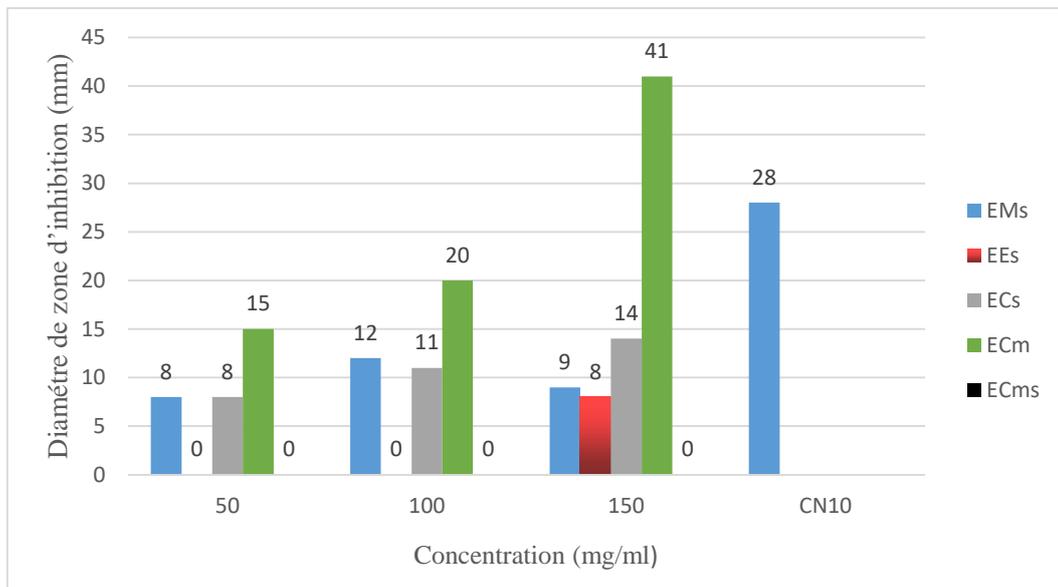
**Figure 10 :** Evaluation de l'activité antifongique de l'ECm de la partie souterraine

**Les graphes selon les souches pour chaque extrait**



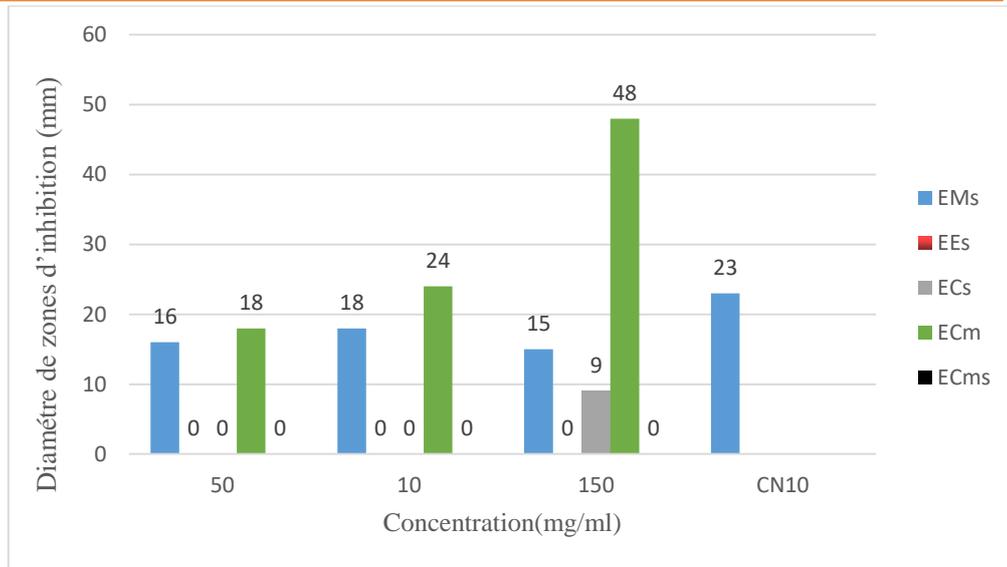
EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extrait éthanolique par soxhlet / ECs : extrait chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération / ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine / S. aureus : Staphylococcus aureus ATCC 6538 / GN10 : Gentamicine 10

**Figure 01 :** Evaluation de l'activité de *S. aureus* pour chaque extrait



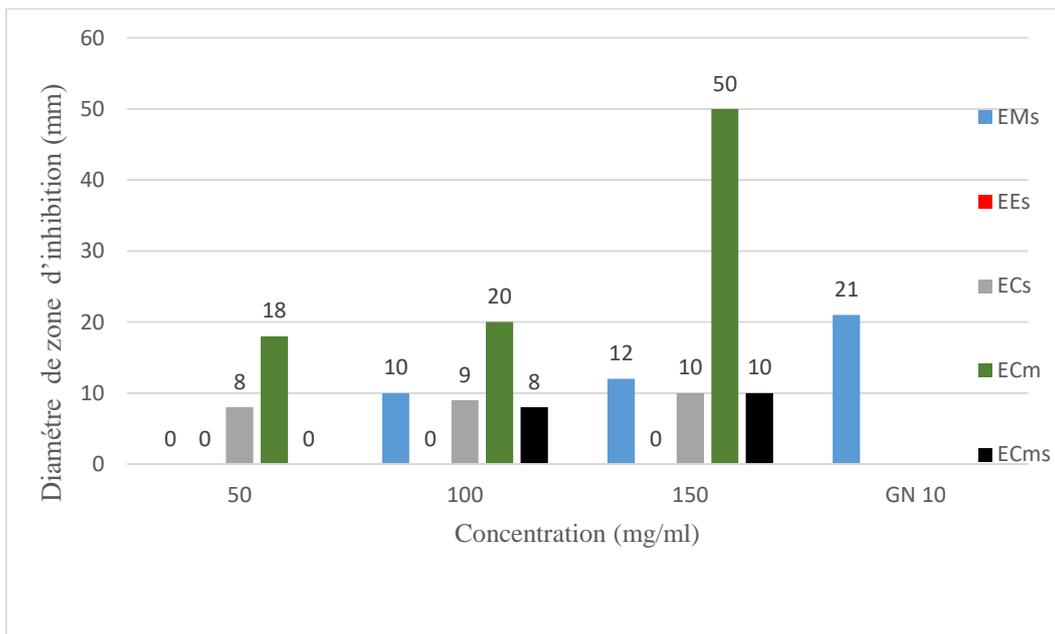
EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extraits éthanolique par soxhlet / ECs : extraits chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération / ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine / B. subtilis : Bacillus subtilis ATCC 6633 / GN10 : Gentamicine 10

**Figure 02 :** Evaluation de l'activité de *B. subtilis* pour chaque extrait



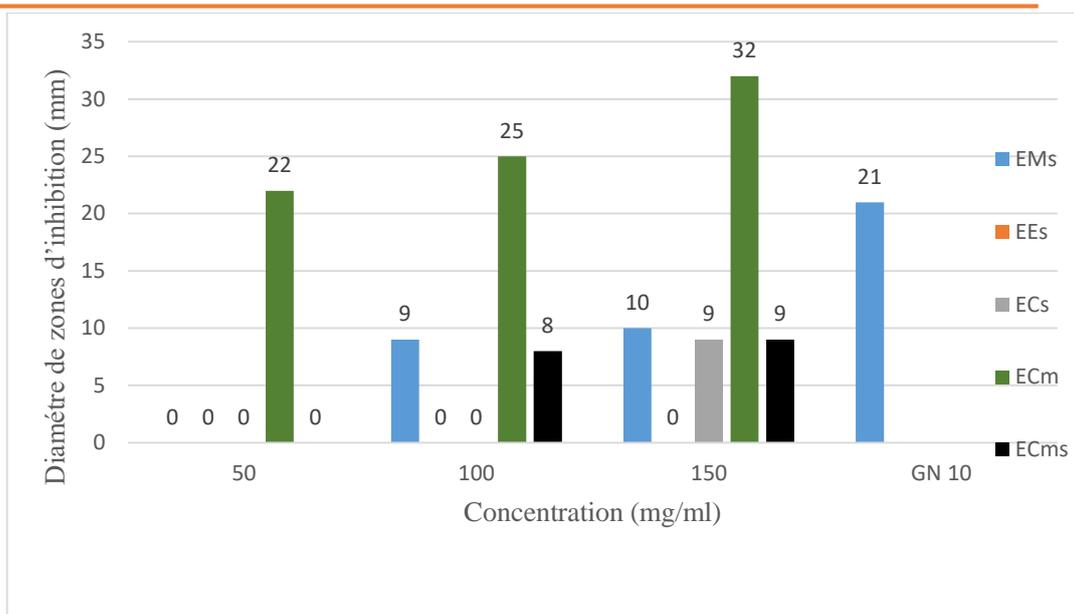
EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extraits éthanolique par soxhlet/ ECs : extraits chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération / ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine / *P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC9027 /GN10 : Gentamicine 10

**Figure 03 :** Evaluation de l'activité de *P. aeruginosa* pour chaque extrait



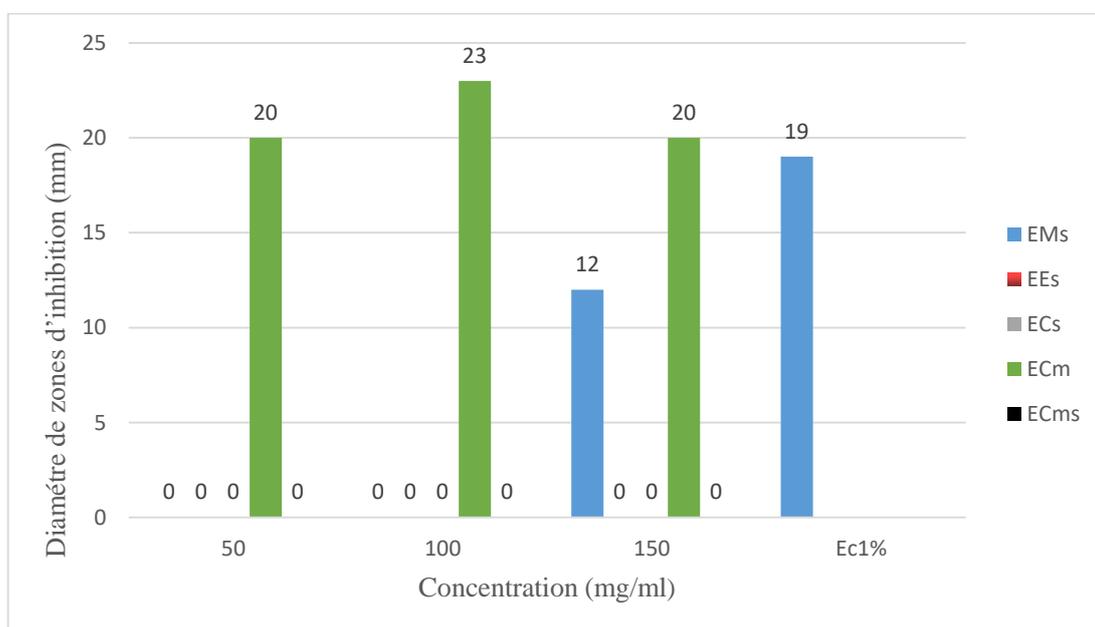
EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extraits éthanolique par soxhlet/ ECs : extraits chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération / ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine / *E. coli* : *Escherichia coli* ATCC 8739 /GN10 : Gentamicine 10

**Figure 04 :** Evaluation de l'activité d'*E. Coli* pour chaque extrait



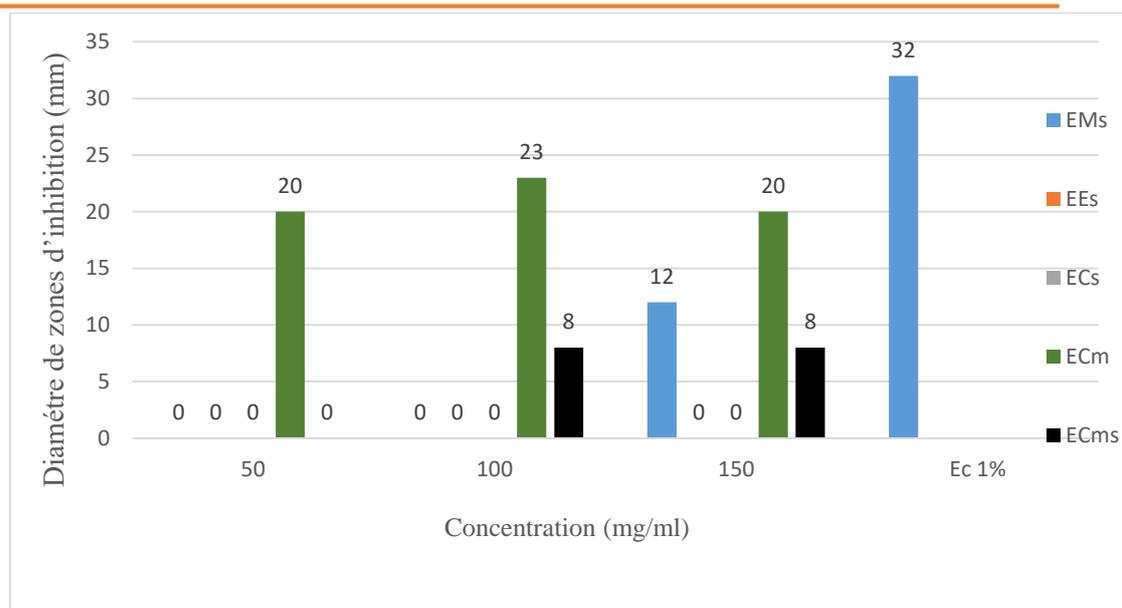
EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extraits éthanolique par soxhlet / ECs : extraits chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération / ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine / S.abony : Salmonella abony NCTC 6017 / GN10 : Gentamicine 10

**Figure 05 :** Evaluation de l'activité de *S. abony* pour chaque extrait



EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extraits éthanolique par soxhlet / ECs : extraits chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération / ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine / C. albicans : Candida albicans ATCC 10231 / Ec1%: Econazole 1%

**Figure 06 :** Evaluation de l'activité de *C. albicans* pour chaque extrait



*EMs : extrait méthanolique par soxhlet / EEs : extraits éthanolique par soxhlet/ ECs : extraits chloroformique par soxhlet / ECm : extrait chloroformique par macération /ECms : extrait chloroformique par macération de la partie souterraine /A. niger : Aspergillus niger ATCC16404 / Ec1% : Econazole 1%*

**Figure 07 :** Evaluation de l'activité d'*A. niger* pour chaque extrait