



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

**UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEM**

# MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

**MASTER EN CHIMIE**

Spécialité : Chimie des produits naturels

Par :

***Melle RECHIDI Wafa & Melle MADANI Razane***

Sur le thème

---

## **Composition chimique et activité antibactérienne, antioxydante et cytotoxique des extraits de *Jasonia rupestris***

---

Soutenu publiquement le 31 Mai 2023 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mme AIN SEBAA Nabila	Docteur	Université de Tlemcen	Présidente
Mr BENDAHOU Mourad	Professeur	Université de Tlemcen	Encadrant
Mme MELIANI Nawel	Docteur	Université de Tlemcen	Examinatrice

*Année Universitaire : 2022 ~ 2023*

# *Dédicaces*



Avant tout, je remercie Allah le tout puissant qui m'a aidé  
de mener à terme ce modeste travail

Je dédie ce travail à mes chers parents BenAmar et Oulia pour tout ce  
qu'ils m'ont donné depuis ma naissance, pour tout ce qu'ils ont sacrifié pour  
moi, pour être restés à mes côtés et pour m'avoir soutenu et motivé.

A mes chères sœurs Hanane et Safa.

A toute ma famille

A mes amies et collègues

*Wafa*

## *Dédicaces*



A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,  
leur amour, leur tendresse, leur soutien  
et leurs prières tout au long de mes études.

A mon frère et ma sœur pour leurs encouragements permanents,  
et leur soutien moral.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours  
universitaire.

Merci d'être toujours là pour moi.

*Razane*

## *Remerciement*

Ce travail a été effectué au laboratoire des substances naturelles bioactives (LASNABIO) et au laboratoire de microbiologie appliquée à l'agro-alimentaire au biomédical et à l'environnement (LAMAABE), sous la direction de monsieur **M. Bendahou** professeur au département de biologie, faculté SNV/STU, université ABB de Tlemcen. On tient à lui exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude et reconnaissance pour sa patience, sa compréhension, ses conseils et ses orientations.

Nos vifs remerciements à madame **N. Ain Sebaa** maître de conférences classe A au centre universitaire de Maghnia (Tlemcen) et à madame **N. Meliani** maître de conférences classe B au département de chimie, faculté des sciences, université ABB de Tlemcen pour avoir accepté de juger et examiner ce travail.

Merci à toute l'équipe des substances naturelles antimicrobiennes de LAMAABE en particulier **N. Latti** et **M. Mokaddem**.

Nous remercions aussi, Mme **K. Mehiaoui** du laboratoire LASNABIO pour son assistance aux dosages des extraits par spectrophotométrie et Mme **F. Mokri** du laboratoire LCSCO pour l'analyse par HPLC des extraits.

Enfin, merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à toutes et à tous

## Résumé

Ce travail vise l'étude de la composition chimique et de quelques activités biologiques des extraits d'une plante endémique *Jasonia rupestris* récolté dans la région Tlemcen.

L'étude phytochimique a montré que les extraits des fleurs et des feuilles de *J. rupestris* sont riches en extractibles que les tiges et les racines dont des flavonoïdes, terpènes, tanins, quinones, coumarines et des stéroïdes avec l'absence des alcaloïdes. Les quantités en polyphénols et en flavonoïdes sont faibles chez *J. rupestris* dont l'analyse par HPLC a révélé la présence de rutine, myricétine et l'acide cinnamique.

Le test antioxydant au DPPH a montré que les extraits éthanoliques des fleurs et des feuilles ont un fort pouvoir antiradicalaire. Concernant l'activité antibactérienne, les extraits des fleurs (éthérique, butanolique et acétate d'éthyle) et les extraits des feuilles (butanolique et acétate éthyle) sont très actifs sur des souches de référence de *Bacillus subtilis*, *Echerichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* mais pas contre *Stapylococcus aureus*. Quant à l'activité cytotoxique, estimée en mesurant la capacité de l'extrait à détruire les globules rouges, une concentration de 0,5mg/ml des extraits testés provoque une hémolyse inférieure à 35% après 30min mais avec 20 µg/ml tous les extraits montrent une très faible hémolyse.

**Mots clés :** *Jasonia rupestris*, analyses, polyphénols, activités biologiques, pouvoir antioxydant.

## Abstract

This work aims to study the chemical composition and some biological activities of the extracts of an endemic plant *Jasonia rupestris* harvested in the Tlemcen region.

The phytochemical study showed that the extracts of the flowers and leaves of *J. rupestris* are rich in extractables than the stems and roots including flavonoids, terpenes, tannins, quinones, coumarins and steroids with the absence of alkaloids. The amounts of polyphenols and flavonoids are low in *J. rupestris* whose HPLC analysis revealed the presence of rutin, myricetin and cinnamic acid.

The DPPH antioxidant test showed that the ethanolic extracts of the flowers and leaves have a strong antiradical power. Concerning antibacterial activity, flower extracts (etheric, butanol and ethyl acetate) and leaf extracts (butanol and ethyl acetate) are very active on reference strains of *Bacillus subtilis*, *Echerichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* but not against *Stapylococcus aureus*. As for the cytotoxic activity, estimated by measuring the ability of the extract to destroy red blood cells, a concentration of 0.5mg/ml of the extracts tested causes hemolysis of less than 35% after 30min but with 20 µg/ml all extracts show a very weak hemolysis.

**Keywords:** *Jasonia rupestris*, analyses, polyphenols, biological activities, antioxidant power.

## ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة التركيب الكيميائي وبعض الأنشطة البيولوجية لمستخلصات نبات مستوطن *Jasonia rupestris* المحصول في منطقة تلمسان.

أظهرت الدراسة الكيميائية النباتية أن مستخلصات أزهار وأوراق *Jasonia rupestris* غنية بالمواد المستخلصة من السيقان والجذور بما في ذلك الفلافونويد والتربين والعفص والكينون والكومارين والمنشطات مع عدم وجود قلويدات. كميات البوليفينول والفلافونويد منخفضة في *J. rupestris* الذي كشف تحليل HPLC عن وجود روتين وميريستين وحمض سيناميك.

أظهر اختبار مضادات الأكسدة DPPH أن المستخلصات الإيثانولية للأزهار والأوراق لها قوة قوية ضد الجذور. فيما يتعلق بالنشاط المضاد للبكتيريا ، فإن مستخلصات الأزهار (الأثيرية ، والبيوتانول ، وخلات الإيثيل) ومستخلصات الأوراق (البيوتانول وخلات الإيثيل) نشطة للغاية في السلالات المرجعية من العصيات الرقيقة ، والإشريكية القولونية ، والزائفة الزنجارية ، ولكن ليس ضد المكورات العنقودية الذهبية. بالنسبة للنشاط السام للخلايا ، المقدر بقياس قدرة المستخلص على تدمير خلايا الدم الحمراء ، فإن تركيز 0.5 مجم / مل من المستخلصات المختبرة يتسبب في انحلال الدم بنسبة أقل من 35٪ بعد 30 دقيقة ولكن مع 20 ميكروجرام / مل تظهر كل خلاصة انحلال دم ضعيف جد.

**الكلمات المفتاحية:** *Jasonia rupestris* ، التحليلات ، البوليفينول ، الأنشطة البيولوجية ، القوة المضادة للأكسدة.

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Revue bibliographique</b>	
<b>1. Généralités sur la plante <i>Jasonia rupestris</i></b> .....	<b>3</b>
1.1. Le genre <i>Jasonia</i> .....	3
1.2. Taxonomie de <i>Jasonia rupestris</i> .....	4
1.3. Description botanique de <i>Jasonia rupestris</i> .....	4
1.4. Répartition géographique de <i>Jasonia rupestris</i> .....	5
1.5. Etudes antérieures .....	5
<b>2. Généralités sur les flavonoïdes et les huiles essentielles</b> .....	<b>7</b>
2.1. Les flavonoïdes .....	7
2.1.1. Définition .....	7
2.1.2. Propriétés biologiques des flavonoïdes .....	8
2.2. Les tanins .....	8
2.2.1. Définition .....	8
2.2.2. Application.....	9
2.3. Les huiles essentielles.....	9
2.3.1. Définition .....	9
2.3.2. Composition chimique.....	9
2.3.3. Utilisation.....	10
2.3.4. Toxicité .....	10
<b>Expérimentation</b>	
<b>1. Matériel végétal</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Préparation des extraits bruts</b> .....	<b>11</b>
<b>3. Tests phytochimiques</b> .....	<b>12</b>
<b>4. Extraction sélective et dosage des flavonoïdes</b> .....	<b>13</b>
4.1. Extraction sélective .....	13
4.1.1. Première méthode .....	13
4.1.2. Deuxième méthode .....	13



4.2. Dosage des polyphénols .....	14
4.3. Dosage des flavonoïdes .....	15
<b>5. Chromatographie sur couche mince CCM .....</b>	<b>15</b>
<b>6. Chromatographie liquide à haute performance (HPLC) .....</b>	<b>16</b>
<b>7. Activité antioxydante par la méthode au DPPH .....</b>	<b>16</b>
<b>8. Activité antibactérienne .....</b>	<b>17</b>
<b>9. Activité hémolytique.....</b>	<b>18</b>
<b>Résultats et discussion</b>	
1. Rendements des extraits bruts .....	19
2. Tests phytochimiques .....	20
3. Rendements de l'extraction sélective.....	21
4. Dosage des polyphénols et des flavonoïdes .....	22
5. Chromatographie sur couche mince (CCM) .....	23
6. Chromatographie liquide à haute performance (HPLC).....	25
7. Activité antiradicalaire par la méthode au DPPH.....	26
8. Activité antibactérienne.....	30
9. Activité hémolytique .....	31
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>33</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>35</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>40</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Distribution géographique du genre <i>Jasonia</i> .....	<b>3</b>
<b>Figure 2.</b> Aire de distribution de la plante <i>Jasonia rupestris</i> .....	<b>5</b>
<b>Figure 3.</b> Structure chimique des flavonoïdes .....	<b>7</b>
<b>Figure 4.</b> Les sous-groupes des flavonoïdes.....	<b>8</b>
<b>Figure 5.</b> Tanin hydrolysable.....	<b>9</b>
<b>Figure 6.</b> Tanin condensé.....	<b>9</b>
<b>Figure 7.</b> Extraction sélective des flavonoïdes. ....	<b>14</b>
<b>Figure 8.</b> Réaction du test DPPH .....	<b>16</b>
<b>Figure 9.</b> Rendements (%) des extraits bruts de <i>J. rupestris</i> .....	<b>19</b>
<b>Figure 10.</b> Rendements (%) de l'extraction sélective de <i>J. rupestris</i> .....	<b>22</b>
<b>Figure 11.</b> Teneurs en polyphénols totaux des extraits de <i>J.rupestris</i> .....	<b>22</b>
<b>Figure 12.</b> Teneurs en flavonoïdes totaux des extraits de <i>J.rupestris</i> . ....	<b>23</b>
<b>Figure 13 :</b> Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par les différents extraits (fl : feuilles, fr :fleurs).....	<b>28</b>
<b>Figure 14.</b> IC50 des différents extraits de la plante <i>J.rupestris</i> . ....	<b>29</b>
<b>Figure 15.</b> Diamètres des zones d'inhibition des extraits de <i>J.rupestris</i> par la méthode de Vincent.....	<b>30</b>
<b>Figure 16.</b> Taux d'hémolyse des extraits de <i>J.rupestris</i> après 30min.....	<b>31</b>
<b>Figure 17.</b> Courbe d'étalonnage d'acide gallique.....	<b>40</b>
<b>Figure 18.</b> Courbe d'étalonnage du catéchine .....	<b>41</b>
<b>Figure 19.</b> Effet de ExtAcOEt sur <i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633.....	<b>42</b>
<b>Figure 20.</b> Effet de ExtAcOEt sur <i>Escherichia coli</i> ATCC 8739.....	<b>42</b>
<b>Figure 21.</b> Effet de ExtBuOH sur <i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633. ....	<b>42</b>
<b>Figure 22.</b> Effet de ExtBuOH sur <i>Escherichia coli</i> ATCC 8739. ....	<b>42</b>

## Liste des photos

<b>Photo 1.</b> <i>J.rupestris</i> de Maghnia .....	<b>4</b>
<b>Photo 2.</b> Photographie <i>J.rupestris</i> .....	<b>4</b>
<b>Photo 3.</b> CCM des extraits de <i>J.rupestris</i> .....	<b>24</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Tests phytochimiques. ....	<b>12</b>
<b>Tableau 2.</b> Rendements des extraits bruts.....	<b>19</b>
<b>Tableau 3.</b> Différents classes phytochimiques de la plante <i>J.rupestris</i> .....	<b>20</b>
<b>Tableau 4.</b> Rendements (%) de l'extraction sélective. ....	<b>21</b>
<b>Tableau 5.</b> Résultats de CCM des extraits de <i>J.rupestris</i> . ....	<b>24</b>
<b>Tableau 6.</b> Résultat HPLC des extraits analysés (%). ....	<b>25</b>
<b>Tableau 7.</b> Les densités optiques du dosage des polyphénols et des flavonoïdes.....	<b>40</b>
<b>Tableau 8.</b> Temps de rétention des étalons pour analyse HPLC.....	<b>41</b>

## Liste des abréviations

**AcOEt** : Acétate d'éthyle

**AG** : Acide Gallique

**AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O** : Chlorure d'aluminium hexahydraté

**BHT** : Hydroxytoluène butylé

**Bs** : *Basillus subtilis*

**BuOH** : Butanol

**C** : Catéchine

**CCM** : Chromatographie sur couche mince

**CH<sub>3</sub>COOH** : Acide Acétique

**CHCl<sub>3</sub>** : Chloroforme

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**CPG/SM** : Chromatographie en phase gazeuse/ Spectrométrie de masse

**DO** : Densité optique.

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

**EAG** : Equivalent Acide Gallique

**EC** : Equivalent Catéchine

**Ec** : *Escherichia coli*

**EtOH** : Ethanol

**Et<sub>2</sub>O** : Ether diéthylique

**Ext** : Extrait

**ExtAqueux** : Extrait Aqueux

**ExtAcOEt** : Extrait Acétate d'éthyle

**ExtBuOH** : Extrait Butanol

**ExtEtOH** : Extrait Ethanol.

**ExtEt<sub>2</sub>O** : Extrait Ether diéthylique

**ExtCHCl<sub>3</sub>** : Extrait Chloroforme

**Fl** : feuilles

**Fr** : fleurs

**HE** : Huile essentielle

**HPLC** : Chromatographie liquide à haute performance

**IC<sub>50</sub>** : Concentration inhibitrice médiane.

**J** : *Jasonia*.

**MS** : Matière végétale sèche.

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

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**ND** : Non détecté.

**NI** : Non identifié

**nm** : Nanomètre

**Pa** : *Pseudomonas aruginosa*

**PBS** : Tampon phosphate salin

**PI** : Pourcentage d'inhibition.

**rn** : Racines

**Sa** : *Staphylococcus aureus*

**tg** : tiges.

**Tr** : Temps de rétention

**µl** : microlitre

**µm** : Micromètre

# **Introduction générale**

# INTRODUCTION GENERALE

---

## **Introduction générale**

Malgré le grand progrès de la chimie de synthèse des médicaments, la phytothérapie ou la médecine par les plantes occupe une place très importante dans la pharmacopée traditionnelle et elle reste toujours une source précieuse pour améliorer et guérir la santé de l'être humain [1].

Les grands problèmes provoqués par les médicaments synthétiques à savoir leurs effets secondaires, la toxicité et la résistance des microorganismes à ces molécules peuvent expliquer le retour à la phytothérapie. Donc l'intérêt est accru pour éprouver scientifiquement les effets de ces plantes médicinales qui sont considérées comme une usine des molécules douées d'activités biologiques pouvant servir l'industrie pharmaceutique.

Les molécules d'origine végétale, principalement les terpènes, les composés phénoliques et les alcaloïdes, sont utilisées comme des agents antioxydants, anti-inflammatoires, antimicrobiens et antiviraux pour traiter des maladies émergentes comme le cancer et le COVID 19. C'est pourquoi, beaucoup de laboratoires de recherche sur les substances naturelles d'origine végétale se sont penchés sur l'étude de la composition chimique des plantes et l'évaluation de leurs activités biologiques et pharmacologiques.

La flore algérienne par sa diversité environ 4449 espèces dont 6.5% endémiques [2] est très peu étudiée et par conséquent très peu exploitée. Cependant, nous remarquons dernièrement l'intérêt porté par le ministère de l'agriculture et de la pêche à la valorisation des plantes aromatiques et médicinales en accordant des crédits aux jeunes diplômés pour la création de petites entreprises.

## INTRODUCTION GENERALE

---

Dans le cadre d'évaluation des plantes à parfum médicinales et aromatiques de l'Ouest Algérien et plus précisément de Tlemcen, nous nous sommes intéressés à l'examen phytochimique et à l'évaluation de quelques activités biologiques des extraits de la plante *Jasonia rupestris* Pomel. A notre connaissance, il n'y a pas d'étude sur cette plante suite à notre recherche bibliographique. Ce travail vient compléter l'étude réalisée par M<sup>elle</sup> **Daoudi Fatiha** [3] sur la composition chimique et les propriétés biologiques de l'huile essentielle de *Jasonia rupestris*.

Ce travail sera présenté en deux parties principales :

- ✓ La première partie traite une revue bibliographique sur la plante *Jasonia rupestris*, les travaux antérieurs et les principales familles chimiques étudiées (les flavonoïdes, les tanins et les huiles essentielles).
- ✓ La deuxième partie concerne l'étude expérimentale à savoir l'examen phytochimique, l'étude de quelques activités biologiques et la présentation des résultats trouvés avec discussion.



# **Revue bibliographique**

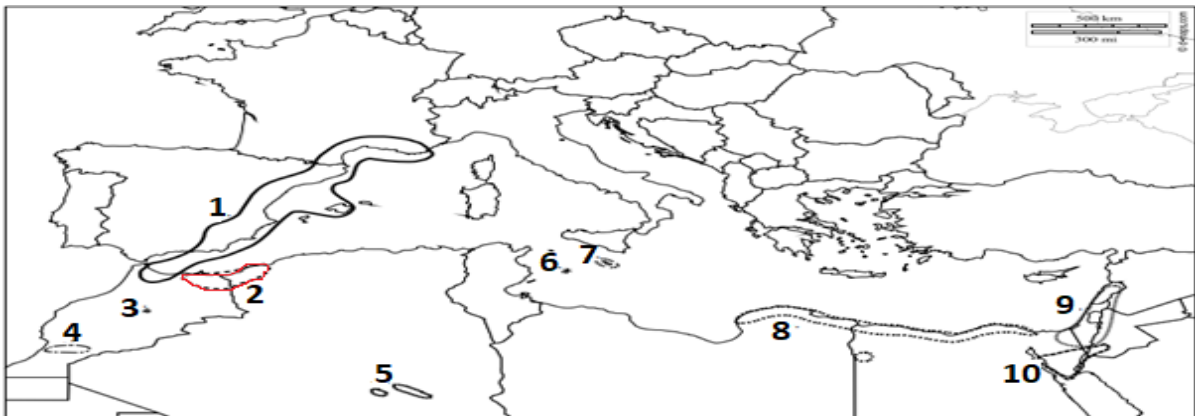
## 1. Généralités sur la plante *Jasonia rupestris*

### 1.1. Le genre *Jasonia*

Le genre *Jasonia* est un petit genre appartenant à la famille des Asteraceae. Les plantes de cette famille sont vivaces, ligneuses avec des arbrisseaux à têtes discoïdes et fleurs jaunes [4]. Le genre *Jasonia* est synonyme de *Chiliadenus* qui comporte plusieurs espèces [4]:

- *Jasonia antiatlanticus* (Emb. & Maire) Gómiz (nord du Maroc).
- *J. bocconeii* (Brullo) Pardo de Santayana & Morales (Malte).
- *J. candicans* (nord-est de la Libye et nord-ouest de l'Égypte).
- *J. hesperia* Maire & Wilczek (sud marocain).
- *J. lopadusana* (Brullo) M.Pardo & R.Morales (Italie).
- *J. iphionoides* (Boiss. & C.I.Blanche) Botsch (la Palestine, Égypte et Liban).
- *J. montana* (Égypte, Jordanie).
- ***J. rupestris* Pomel** (nord-est du Maroc et nord-ouest de l'Algérie).
- *J. saxatilis* (Espagne, France et nord du Maroc).
- *J. sericea* Batt. & Trab (Algérie).

Les espèces de ce genre font partie de la flore méditerranéenne, principalement le long de la rive sud.



**Figure 1.** Distribution géographique du genre *Jasonia* [4].

- 1 *J. saxatilis*, 2 *J. rupestris*, 3 *J. antiatlanticus*, 4 *J. hesperia*, 5 *J. sericea*, 6 *J. lopadusana*,  
7 *J. bocconeii*, 8 *J. candicans*, 9 *J. iphionoides*, 10 *J. montana*.

## 1.2. Taxonomie de *Jasonia rupestris*

La classification de l'espèce *Jasonia rupestris* est comme suit [5] :

- Règne : Plante
- Embranchement : Trachéophyte
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Asterales
- Famille : Asteraceae
- Genre : *Jasonia*
- Espèce : *Jasonia rupestris* Pomel

## 1.3. Description botanique de *Jasonia rupestris*

*Jasonia rupestris* est une plante vivace aromatique entièrement couverte de glandes dorées, à tiges ligneuses, dressées, rigides et rameuses. Ses feuilles sont sessiles, ovales ou elliptiques et penninervées. Elle a des fleurs pourpres pales. Les akènes sont mollement velus et glanduleux ; l'aigrette extérieure est à soies libres et l'intérieure rousse constituée par 20 à 30 soies deux fois longues que l'akène [6].



**Photo 1.** *J.rupestris* de Magnia [7].



**Photo 2.** Photographie *J.rupestris* [8].

### 1.4. Répartition géographique de *Jasonia rupestris*

*Jasonia rupestris* est une plante endémique au nord du Maroc et au nord-ouest de l'Algérie (Tlemcen, Garrouban et Maghnia) [9].



**Figure 2.** Aire de distribution de la plante *Jasonia rupestris* [9].

### 1.5. Etudes antérieures

L'analyse des travaux réalisés sur les différentes espèces du genre *Jasonia* est résumée comme suit :

- ***Jasonia candicans*** : L'hydrodistillation de la partie aérienne a donné un faible rendement en huile essentielle (0.1%) dont l'intermediol était le composé majoritaire (84.70%). Cette huile a montré une activité contre *Bacillus subtilis*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Cryptococcus neoformans* et *Candida albicans* [10]. 24 composés sont été identifiés dans l'extrait éthanolique de cette plante, les principaux sont panaxatriol (25.88%), acide (Z,Z)-9,12-octadécadiénoïque (25.65%), acide cis-9-octadécénoïque (7.60%) et 1-heptatriacotanol (5.21%). Cet extrait a montré des quantités importantes en composés phénoliques et flavonoïdes avec une grande activité antioxydante [11].
- ***Jasonia montana*** : L'analyse de l'huile essentielle par CPG/SM a montré la présence des composés : camphre (21.70%), bornéol (9.40%), l'acétate de bornyle (8,80%), chrysanthemol (7.26%) intermediol (5.80%) et 1,8-cinéol

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

(4.60%) avec d'autres composés en faibles quantités [10]. Dans une autre étude, trois nouveaux diterpènes ont été isolés de la partie aérienne à savoir la jasonine-a, la jasonine-b et la jasonine-c. Les extraits d'éther de pétrole et d'éthanol présentent une activité hypoglycémique et antidiabétique, et les extraits d'éther de pétrole et de chloroforme ont montré une activité antimicrobienne [12].

➤ *Jasonia iphionoides* : L'analyse par CPG/SM de l'huile essentielle a révélé la présence de bornéol comme principal constituant (49,3%) suivi du 1,8-cinéol (8,4%),  $\alpha$ -terpinéol (3,8%), camphre (3,7%), formiate de bornyle (3,6%), terpinène-4-ol (3,0%) acétate de bornyle (2,9%) et selin-11-èn-4- $\alpha$ -ol (2,4 %) [13]. Elle possède diverses propriétés pharmacologiques telles que l'activité anticancéreuse, antidiabétique, antimicrobienne, antioxydante, antispasmodique et antiplaquettaire qui pourraient être dues à la présence des flavonoïdes et des composés phénoliques [14].

➤ *Jasonia rupestris* : L'analyse de l'huile essentielle par CPG/SM a révélé la présence de borneol (31.2%), nérolidol (4.1%) et bornyl acétate (3.0%) comme composés majoritaires. Cette huile a provoqué une lyse des globules rouges après 30min et elle a montré une modeste activité antimoisissure et un faible pouvoir antioxydant [3].

➤ *Jasonia sericea* : L'étude de la plante a montré un pouvoir antioxydant dû principalement aux composés phénoliques (les flavonoïdes) et un pouvoir anticancéreux [15]. Les différents extraits de cette plante ont révélé la présence des coumarines, alcaloïdes et tanins avec une activité antidiabétique et antioxydant [16] .

➤ *Jasonia antiatlanticus* : L'huile essentielle obtenue à partir des parties aériennes sèches de la plante et analysée par CPG/SM a montré la présence des composés : Camphre (35.7%), intermedeol (19.9%),  $\alpha$ -pinène (15.5%), bornéol (4.9%), camphène (4.2%), E-pinocarveol (4.1%) avec d'autres composés minoritaires. Une activité antibactérienne de cette huile a été constatée contre

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

24 souches (toutes à Gram positif) et un pouvoir cytotoxique significatif *vis à vis* les lignées cellulaires tumorales [17].

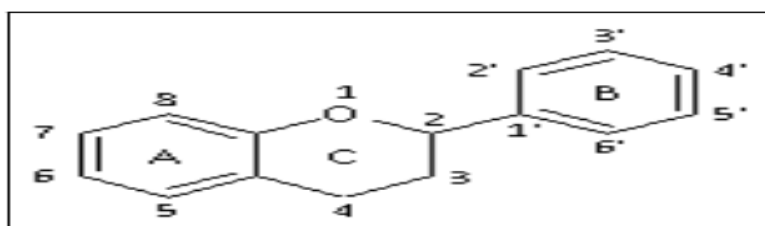
➤ *Jasonia saxatilis* : L'étude phytochimique a montré l'abondance des composés phénoliques et des flavonoïdes, parmi les composés identifiés : acide 3,4-Dihydroxy-5-prényl cinnamique, acide 3,3'-di-O-méthylellagique, acide 1,3-dicaffeoylquinique, honokiol, quercetin-3-O-glucuronide et 4'-hydroxylwogonine. Une bonne activité antioxydante, un faible pouvoir cytotoxique et aucune activité antimicrobienne ont été constatée [18].

## 2. Généralités sur les flavonoïdes et les huiles essentielles

### 2.1. Les flavonoïdes

#### 2.1.1. Définition

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires appartenant à la classe des substances phénoliques. Ils sont largement répandus dans toutes les plantes vasculaires. Plus de 4000 flavonoïdes ont été identifiés à ce jour [19]. La structure chimique des flavonoïdes est constituée de deux cycles benzéniques A et B liés entre eux par un troisième cycle pyrène hétérocyclique contenant de l'oxygène. Ainsi, cette structure est également appelée C6-C3-C6 étiquetée A, B et C [19].

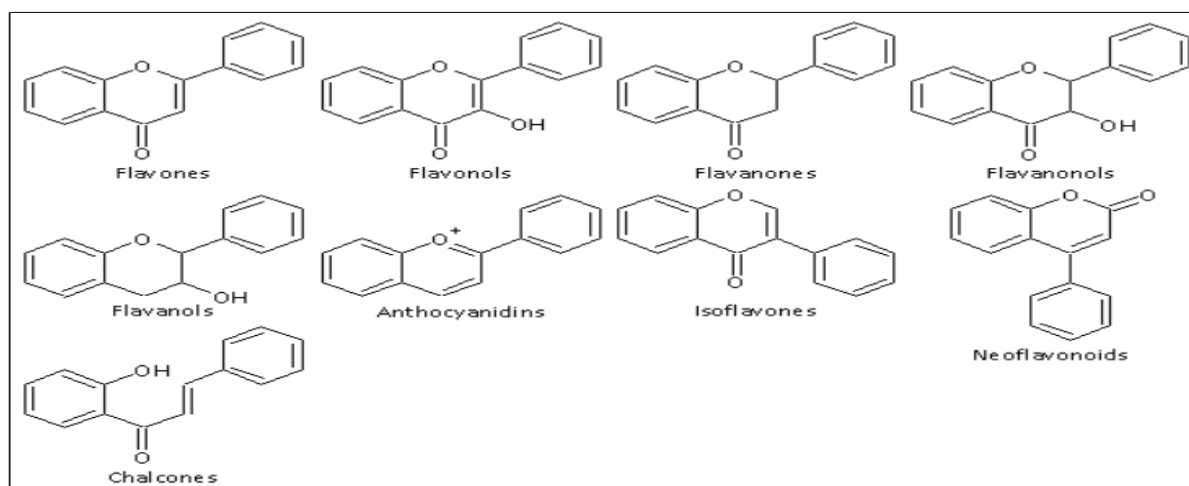


**Figure 3.** Structure chimique des flavonoïdes [19].

Les flavonoïdes sont subdivisés en plusieurs sous-groupes en fonction du carbone du cycle C sur lequel le cycle B est attaché et du degré d'insaturation et d'oxydation du cycle C, donc on constate : les flavones, les flavonols, les flavanones, les flavanonols, les flavanols, les anthocyanidines, les isoflavones,

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

les neoflavonoïdes et les chalcones. Les flavonoïdes se présentent sous forme d'aglycones, de glycosides et de dérivés méthylés [19].



**Figure 4.** Les sous-groupes des flavonoïdes [19].

### 2.1.2. Propriétés biologiques des flavonoïdes

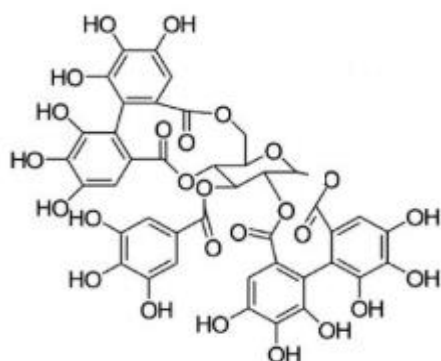
Les flavonoïdes sont des substances phytochimiques ayant de nombreuses propriétés biologiques importantes pour la santé humaine telle que l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, antibactérienne, antivirale, anti-âge et surtout anticancéreuse [19].

## 2.2. Les tanins

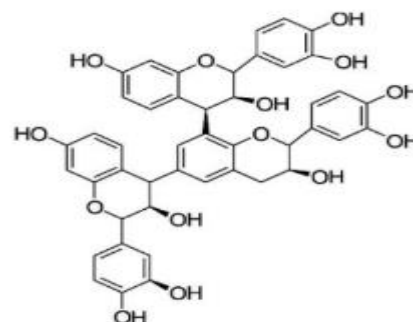
### 2.2.1. Définition

Les tanins sont les principaux composés phénoliques fabriqués par les plantes, ils représentent entre 5% à 10% d'une matière végétale sèche. Ils sont trouvés principalement dans les tiges, les feuilles, les écorces, les racines, les bourgeons et les graines [20].

Il existe deux grands types de tanins : les tanins condensés contenant des flavonoïdes (flavan 3-ol ou flavan 3, 4-diol) sans attachement à un sucre et les tanins hydrolysables composés d'acides ellagique et gallique avec un sucre généralement du glucose [20].



**Figure 5.** Tanin hydrolysable [20].



**Figure 6.** Tanin condensé [20].

### 2.2.2. Application

Les tanins sont des agents antioxydants, antimicrobiens, antiviraux et antiparasitaires, cela explique leurs applications dans le domaine pharmaceutique. Ils sont utilisés également dans l'industrie alimentaire, alimentation animale, industrie du tannage et de fabrication du papier [21].

### 2.3. Les huiles essentielles

#### 2.3.1. Définition

Les huiles essentielles sont des extraits liquides volatiles concentrés, lipophiles, rarement colorés, ayant une forte odeur et une densité généralement inférieure à celle de l'eau. Elles sont synthétisées par les plantes aromatiques comme un métabolite secondaire stocké au niveau des cellules sécrétoires, Les trichomes glandulaires ou les cellules épidermiques. Elles sont extraites par plusieurs méthodes à savoir l'hydrodistillation, par CO<sub>2</sub> supercritique et par micro-onde [22].

#### 2.3.2. Composition chimique

Les huiles essentielles sont généralement connues comme des métabolites secondaires des plantes contenant des mélanges complexes de composés organiques comme les terpènes, les alcools, les éthers, les esters, les cétones, les aldéhydes, les phénols et les lactones [23]. La quantité et la composition



## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

chimique des huiles essentielles varient en fonction de la partie de la plante utilisée et de son stade végétatif, de la période de récolte, de la nature du sol, du climat, de l'altitude et du mode d'extraction utilisé.

### 2.3.3. Utilisation

Les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles sont dans plusieurs domaines :

- **Industrie pharmaceutique** : L'implémentation des huiles essentielles dans le domaine pharmaceutique est de grande importance grâce à leurs diverses propriétés thérapeutiques comme l'activité antimicrobienne, antivirale, antioxydante, antiinflammatoire et anticancéreuse [23].
- **Cosmétique** : Les huiles essentielles reçoivent beaucoup d'attention dans la production des produits cosmétiques et des parfums dont plusieurs des plantes aromatiques sont recherchées [24].
- **Industrie alimentaire** : Où les huiles essentielles sont utilisées comme des arômes permettant de rehausser le goût des préparations culinaires et des boissons et en tant que des conservateurs naturels pour ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et insecticides [24].

### 2.3.4. Toxicité

La toxicité d'une huile essentielle est en relation directe avec sa composition chimique. Les huiles essentielles peuvent être phototoxiques comme l'huile essentielle du citron et d'orange, certaines sont irritantes pour les peaux sensibles. Elles peuvent aussi provoquer des allergies cutanées ou respiratoires. L'ingestion accidentelle d'une huile essentielle peut être hautement toxique. Les huiles essentielles peuvent être sans danger à faibles concentrations mais présentent une toxicité à des concentrations élevées, représentées par des valeurs létales[25].

# **Expérimentation**

# EXPERIMENTATION

---

## 1. Matériel végétal

La récolte de l'espèce *Jasonia rupestris* a été faite en moi de **Juin 2022** (avant floraison) et en moi d'Octobre 2022 (pendant la floraison) dans la région de Beni Snous wilaya de Tlemcen. La plante a été identifiée par le Pr B. Medjahdi du département de foresterie selon la nomenclature de **Quézel et Santa [26]**.

Le matériel végétal récolté est séché à l'abri de la lumière et à la température ambiante, puis séparer en quatre parties : fleurs (fr), feuilles (fl), tiges (tg) et racines (rn). Enfin, le matériel est broyé dans un moulin électrique (IKa-WERKE M20) et conservé dans des sachets en papier jusqu'à l'analyse.

## 2. Préparation des extraits bruts

Chaque partie de la plante a été soumise à une macération à froid par trois solvants de polarités différentes (eau, EtOH 70° et Et<sub>2</sub>O).

- ExtrAqueux ou ExtEtOH 70° : 5g du matériel végétal est macéré dans 55ml d'eau (ou dans l'EtOH 70°) pendant 24h sous agitation. L'opération est répétée 2 fois.
- ExtEt<sub>2</sub>O: 2g du matériel végétal est macéré dans 25ml d'Et<sub>2</sub>O pendant 24h sous agitation. L'opération est répétée 2 fois.

Les extraits obtenus sont filtrés sur papier filtre puis concentrés sous vide à l'évaporateur rotatif et conservés à + 4°C.

## EXPERIMENTATION

### 3. Tests phytochimiques

Les différents extraits sont soumis aux tests récapitulés dans le **tableau 1**.

**Tableau 1.** Tests phytochimiques.

<i>Test</i>		<i>Protocole</i>	<i>Observations</i>
<b>Flavonoïdes</b>	<b>Shinoda [27]</b>	-Ajouter 1ml d'acide sulfurique concentré à 5ml de l'extrait. - Ajouter 0.5g de Mg.	Une coloration rose ou rouge après 3min.
	<b>Réactif alcalin [28]</b>	-Ajouter 2ml de solution de NaOH 2% à l'extrait brut. -Ajouter quelques gouttes d'acide dilué.	Une couleur jaune après l'ajout de l'acide.
<b>Tanins [29]</b>		-Ajouter huit gouttes d'une solution diluée de chlorure ferrique 1 % à 1ml d'extrait.	Une coloration verdâtre pour les tanins catéchiques ou bleus noirâtres pour des tanins galliques.
<b>Alcaloïdes [29]</b>		-Ajouter 2ml HCl à 1 % à 1 ml d'extrait et chauffer au bain-marie. -Diviser l'extrait en deux volumes égaux. le réactif de Mayer est ajouté au premier volume et le réactif de Wagner est ajouté à l'autre.	Un précipité blanc jaunâtre par le réactif de Mayer ou rouge orangé à brun pour le réactif Wagner.
<b>Terpénoïdes [29]</b>		-Ajouter à 1 ml d'extrait 0.5 ml de chloroforme. -Ajouter 0.7 ml d'acide sulfurique concentré.	Une couleur vert-bleu pour les hétérosides stéroïdiens et une couleur vert-violet pour les hétérosides terpéniques
<b>Saponosides [29]</b>		-Ajouter 3ml de l'eau distillée à 2ml de l'extrait. -Agiter 15s et laisser reposer 20min.	Une hauteur de la mousse supérieure à 1 cm indique la présence des saponosides.
<b>Anthocyanines et bétacyanines [30]</b>		-Ajouter 1 ml de solution de NaOH 2N à 2 ml de l'extrait et chauffer pendant 5 min à 100°C.	Une couleur vert bleuâtre pour les anthocyanes et une couleur jaune pour les bétacyanine.
<b>Glycosides [30]</b>		-Ajouter 3ml de du chloroforme et 1 ml de solution d'ammonium à 10 % à 2ml de l'extrait.	Une couleur rose.
<b>Quinones [30]</b>		-Ajouter 1 ml d'acide sulfurique concentré à 1ml de l'extrait.	La couleur rouge.

## EXPERIMENTATION

<b>Coumarines [30]</b>	-Prendre 1 ml de l'extrait dans un tube à essai et recouvrir avec papier filtre imbibé du NaOH 1N. -Placer le tube dans eau chaude pendant quelques minutes. -Retirer le papier filtre et examiner sous UV.	Une fluorescence jaune.
<b>Stéroïdes [30]</b>	-Ajouter 2 ml de chloroforme et 1 ml d'acide sulfurique à 1 ml de l'extrait.	Un anneau brun rougeâtre à l'interface.
<b>Carbohydrate Test de Fehling [31]</b>	-Mélanger 2 volumes égaux de réactifs A et B de Fehling. -Ajouter quelques gouttes de l'extrait et chauffer au bain-marie bouillant pendant 5-10 min.	Un précipité jaune puis rouge brique.

### 4. Extraction sélective et dosage des flavonoïdes

#### 4.1. Extraction sélective

Afin d'extraire les composés phénoliques sous les formes libres, esters et hétérosides, nous avons appliqués deux méthodes (**figure 7**) :

##### 4.1.1. Première méthode [32]

- ✓ 2g du matériel végétal (des feuilles et des fleurs) sont mis en contact avec 160ml HCl 2N sous agitation à 40°C pendant 40min.
- ✓ Après refroidissement, le filtrat est soumis à une extraction avec 20ml d'Et<sub>2</sub>O puis avec 20ml du BuOH.
- ✓ Les extraits sont filtrés, concentrés sous vide à l'évaporateur rotatif et conservé au réfrigérateur.

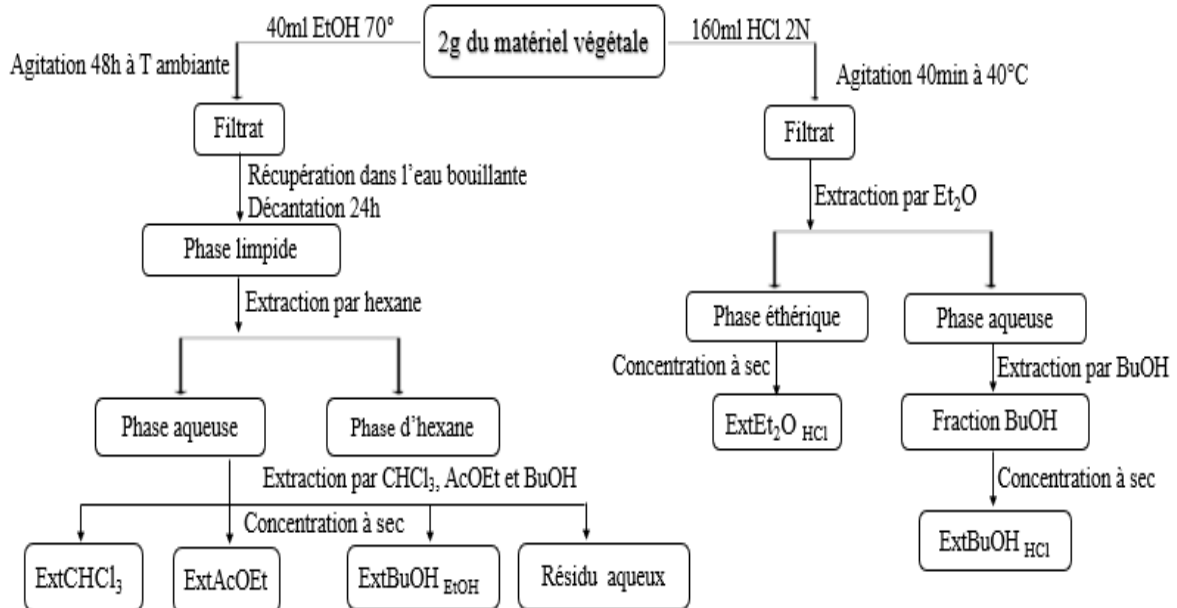
##### 4.1.2. Deuxième méthode [33]

- ✓ 2g du matériel végétal (des feuilles et des fleurs) sont mélangés avec 40ml d'EtOH 70° chaud et laisser sous agitation pendant 24h (x2) à la température ambiante.

## EXPERIMENTATION

- ✓ Le filtrat est évaporé à sec à l'évaporateur rotatif. Le résidu est repris dans 100ml de l'eau bouillante et soumis à des extractions successivement par 2x20 ml de chaque solvant : hexane,  $\text{CHCl}_3$ , AcOEt et BuOH.

Les différents extraits sont filtrés, concentrés sous vide à l'évaporateur rotatif et conservés au réfrigérateur.



**Figure 7.** Extraction sélective des flavonoïdes.

### 4.2. Dosage des polyphénols

La teneur en polyphénols des différents extraits a été déterminée selon la méthode de **Singleton et Ross [34]**. Le dosage est fondé sur l'oxydation des composés phénoliques par le réactif 'Folin-Ciocalteu' [29].

- ✓ 200  $\mu\text{l}$  de chaque extrait ont été mélangés avec 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 800  $\mu\text{l}$  d'une solution de carbonate de sodium à 7,5 %.
- ✓ Après 30 min à la température ambiante, l'absorbance a été lue contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre (UV/Visible de type Optizen POP) à 765nm.

## EXPERIMENTATION

---

- ✓ Une gamme d'étalonnage a été préparée à partir d'acide gallique (AG) (0 à 1mg/ml) dans les mêmes conditions opératoires pour déterminer les teneurs en polyphénols totaux de chaque extrait ( exprimé en mg EAG/g MS) [35].

### 4.3. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes est faite en suivant le protocole décrit par **Dewanto et al., [36]**. Ce dosage est basé sur la formation d'un complexe stable entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium [35].

- 0.5ml de chaque extrait est mélangé avec 2.5 ml d'eau désionisée et 0.15 ml de NaNO<sub>2</sub> à 5 %
- Après 5 min, 0.3 ml de 10% AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O a été ajouté.
- 1ml de solution NaOH à 1M a été additionné après 5 min puis le volume a été complété à 5 ml avec de l'eau désionisée.
- L'absorbance a été mesuré à 510 nm.
- La courbe d'étalonnage de catéchine (C) à différentes concentrations (0 à 1mg/ml) a été réalisée dans les mêmes conditions que les échantillons pour déterminer les teneurs en polyphénols totaux de chaque extrait (en mg EC/g MS).

### 5. Chromatographie sur couche mince CCM

La variabilité de la composition des ExtAcOEt (fr et fl), ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr et fl), ExtEtOH (fr et fl), ExtEt<sub>2</sub>O<sub>HCl</sub> (fr) et CHCl<sub>3</sub> (fr) a été évaluée sur une plaque CCM (20×10, support- aluminium, phase stationnaire-gel de silice) en utilisant un système de solvant BuOH/CH<sub>3</sub>COOH/eau 6 :1 :2 (v /v /v). La révélation a été faite à l'aide d'une lampe UV à 366nm.

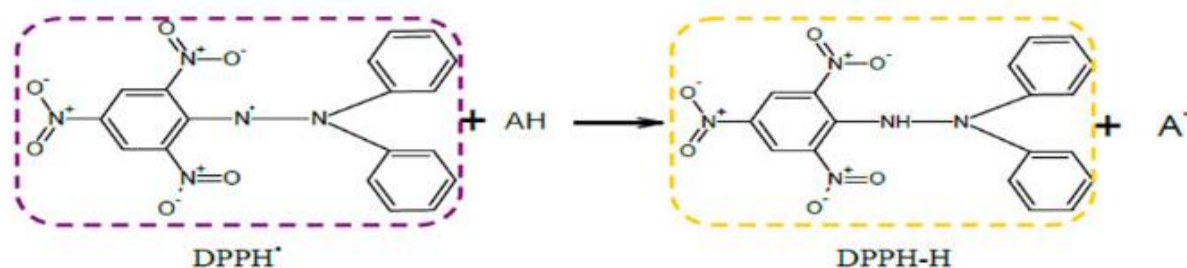
## EXPERIMENTATION

### 6. Chromatographie liquide à haute performance (HPLC)

Les extraits secs ont été préparés dans le méthanol puis filtrés à travers des filtres PTFE/PVDF 0.45µm. L'analyse HPLC des extraits de *J. rupestris* a été effectuée à l'aide d'un appareil de type YL9100 HPLC System équipé d'un dégazeur sous vide, une pompe quaternaire, un compartiment colonne et un détecteur UV/Visible. Un volume de 20 µl de chaque extrait a été injecté à travers une colonne C18 avec un débit de 1ml/min selon un mode gradient comme suit : 95% eau acidifiée et 5% acétonitrile à 0min, 5 % eau acidifiée et 95% acétonitrile à 50 min et finalement 95% eau acidifiée et 5% acétonitrile à 60 min. La phase mobile a été mélangée à de l'eau acidifiée (1% de l'eau dans l'acide formique) et l'acétonitrile. L'analyse a été opérée à 25 C° et à 245 bar. L'absorbance est mesurée à 254nm et présentée par un pic où la surface est proportionnelle avec la quantité du constituant. Le temps de rétention de chaque pic est comparé avec des étalons afin d'identifier les différents composés chimiques.

### 7. Activité antioxydante par la méthode au DPPH

Dans ce test le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) de couleur violette est réduit par un composé antioxydant donneur de protons en diphénylpicrylhydrazine de couleur jaune, donc la diminution de l'absorbance provoquée par les piègeurs de radicaux libres est mesurée à 517nm pour évaluer le pouvoir antioxydant d'échantillon testé (**figure 8**) [28].



**Figure 8.** Réaction du test DPPH [28].



## EXPERIMENTATION

---

Le pouvoir antioxydant au DPPH est évalué selon la méthode décrite par **Prieto et al., [37]**. 1950 µl de la solution du DPPH ont été ajoutés à 50 µl de chaque extrait et les standards (BHT et l'acide ascorbique). Le control négatif est préparé en mélangeant 50 µl du méthanol avec 1950 µl de la solution du DPPH. Après 30min d'incubation à la température ambiante et à l'obscurité, la densité optique de chaque concentration a été lue à 517nm contre le blanc.

Le pourcentage d'inhibition (PI) du DPPH est calculé par :

$$PI = \frac{DO_{\text{contrôle-}} - DO_{\text{Extrait}}}{DO_{\text{contrôle-}}} * 100$$

DO<sub>contrôle</sub> : absorbance du témoin négatif.

DO<sub>extrait</sub> : absorbance de l'extrait.

Pour évaluer le pouvoir antioxydant, IC<sub>50</sub> pour chaque extrait est déterminée qui correspond à 50 % d'inhibition à partir de la courbe PI=f(C) et comparée avec celle du contrôle positif [28].

### 8. Activité antibactérienne

Les différents extraits ont été testés sur quatre souches de références : *Staphylococcus aureus* (Sa) ATCC 25923, *Bacillus subtilis* (Bs) ATCC 6633, *Pseudomonas aeruginosa* (Pa) ATCC 27853 et *Escherichia coli* (Ec) ATCC 8739 selon la méthode de **Vincent [38]**.

Des puits ont été formés à l'aide d'une pipette pasteur dans les boites de Pétri coulées en gélose Müller-Hinton préalablementensemencées par écouvillonnage avec de la suspension bactérienne standardisée à 0.5 McFarland. 50µl de chaque extrait ont été déposés dans ces puits. Un disque de contrôle positif (gentamicine) a été mis au centre de la boite de Pétrie. Après incubation à 37°C (30°C pour Bs) pendant 18h, le diamètre de la zone d'inhibition a été mesuré pour évaluer la sensibilité comme suit [39]:

## EXPERIMENTATION

---

- $\varnothing < 8\text{mm}$  : Non sensible
- $8\text{mm} \leq \varnothing \leq 14\text{mm}$  : Sensible
- $15\text{mm} \leq \varnothing \leq 19\text{mm}$  : Très sensible
- $\varnothing \geq 20\text{mm}$  : Extrêmement sensible

### 9. Activité hémolytique

Le pouvoir hémolytique a été évalué selon la méthode de **Kumar et al., [40]**.

- **Préparation de la suspension érythrocytaire :**

- ✓ Le sang est prélevé d'un donneur sain dans des tubes d'héparine et centrifugé pendant 10min à 3000 tours/min.
- ✓ Après élimination du plasma, le culot est lavé 3 fois puis dilué 20 fois dans le PBS (pH=7.4).

- **Test hémolytique :**

- ✓ Un volume de 0.2ml de la suspension érythrocytaire a été ajouté à 0.8ml de chaque extrait à différentes concentrations.
- ✓ La centrifugation a été faite 10min à 3000 tours/min après une incubation à 37°C pendant 30min.
- ✓ Le contrôle positif et négatif ont été préparés dans les mêmes conditions en remplaçant l'extrait par l'eau distillée et le PBS respectivement.
- ✓ La densité optique a été mesurée à 540nm contre le tube contenant le PBS.
- ✓ Le taux d'hémolyse est déterminé à partir de la formule :

$$\text{Taux d'hémolyse} = \frac{DO_{\text{Extrait}} - DO_{\text{Témoin négatif}}}{DO_{\text{Témoin positif}}} * 100$$

# **Résultats et discussion**

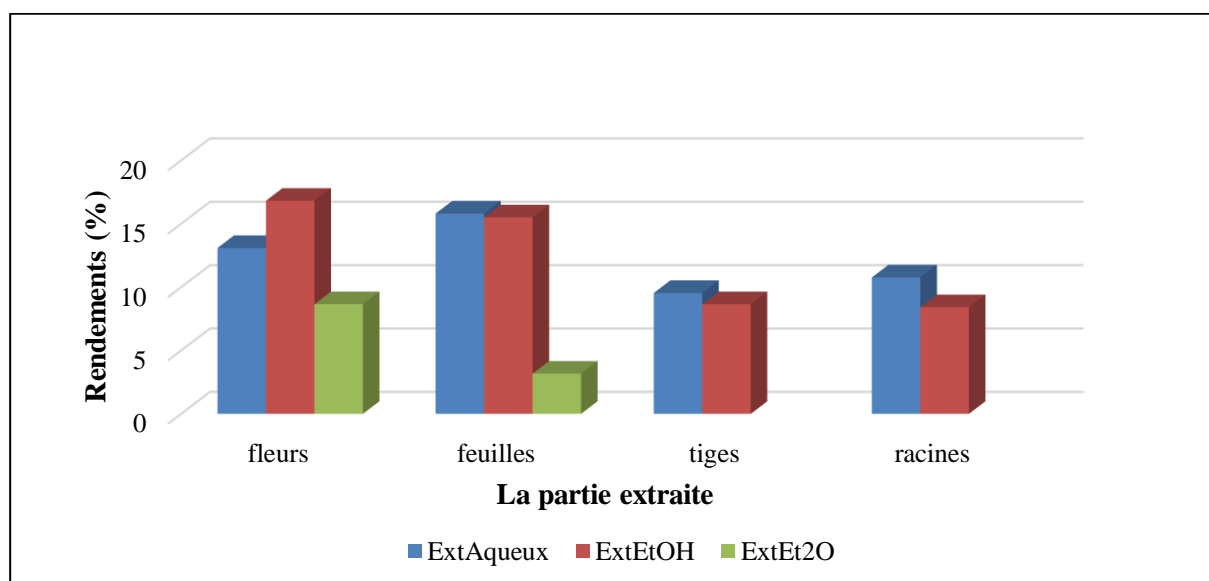
## RESULTATS ET DISCUSSION

### 1. Rendements des extraits bruts

Les résultats des rendements des différents extraits bruts de *J. rupestris* sont consignés dans le **tableau 2** et illustrés par la **figure 9**.

**Tableau 2.** Rendements des extraits bruts.

	Matériel végétale	Masse (g)	Rendement (%)
ExtAqueux	Fleurs	0.655±0.075	13.090±1.490
	Feuilles	0.791±0.005	15.810±0.090
	Tiges	0.477±0.033	9.540±0.660
	Racines	0.539±0.022	10.770±0.430
ExtEtOH 70°	Fleurs	0.841±0.001	16.820±0.020
	Feuilles	0.776±0.020	15.510±0.390
	Tiges	0.433±0.005	8.650±0.090
	Racines	0.421±0.034	8.420±0.680
ExtEt <sub>2</sub> O	Fleurs	0.173±0.012	8.650±0.600
	Feuilles	0.064±0.011	3.175±0.525



**Figure 9.** Rendements (%) des extraits bruts de *J. rupestris*.

Nous constatons que les ExtEtOH et ExtAqueux enregistrent de forts rendements par rapport aux ExtEt<sub>2</sub>O. Selon les organes, nous remarquons que les extraits des fleurs et des feuilles ont enregistré les plus grands rendements par rapport aux organes (tige et racines).

## RESULTATS ET DISCUSSION

En comparaison avec d'autres espèces du même genre, nous remarquons les rendements des ExtAqueux et ExtEtOH bruts de la partie aérienne de la plante *J.iphionoides* sont de 18.5% et de 2.4% respectivement [41]. Par contre, l'ExtEtOH (80%) des feuilles de la plante *J.candicans* présente un rendement de 1.6% [11]. Ces différences de rendements peuvent être attribuées à l'espèce, au mode d'extraction et à la nature des solvants utilisés.

### 2. Tests phytochimiques

Les résultats des tests phytochimiques sont regroupés dans le **tableau 3**.

**Tableau 3.** Différents classes phytochimiques de la plante *J.rupestris*.

Extraits		aqueux				EtOH 70°				Ether diéthylique	
		Fleurs	Feuilles	Tiges	Racines	Fleurs	Feuilles	Tiges	Racines	Fleurs	Feuilles
Flavonoïdes	Shinoda	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
	Réactif alcalin	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
Tanins		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Alcaloïdes		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpénoides		-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Saponosides		+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Anthocyanines		-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
bétacyanines		+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
Quinones		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coumarines		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Stéroïdes		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Carbohydrates		+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

- : Test négatif ; + : Test positif ; **EtOH** : extrait éthanolique

Selon le **tableau 3**, on note l'absence des alcaloïdes alors que les quinones, les coumarines, les stéroïdes et les carbohydrates sont présents. Selon le type de solvant utilisé, les ExtAqueux et ExtEtOH renferment presque tous les

## RESULTATS ET DISCUSSION

composés recherchés sauf les terpènes absents dans l'ExtAqueux mais en fonction des organes de la plante, les feuilles et les fleurs sont les plus riches en composés en particulier pour ceux recherchés à savoir les polyphénols et les terpènes.

Les travaux de **Dehimat et al.**, ont montré la présence des tanins, des coumarines, des alcaloïdes, des terpénoïdes dans les extraits des feuilles de *J.sericea* [16].

### 3. Rendements de l'extraction sélective

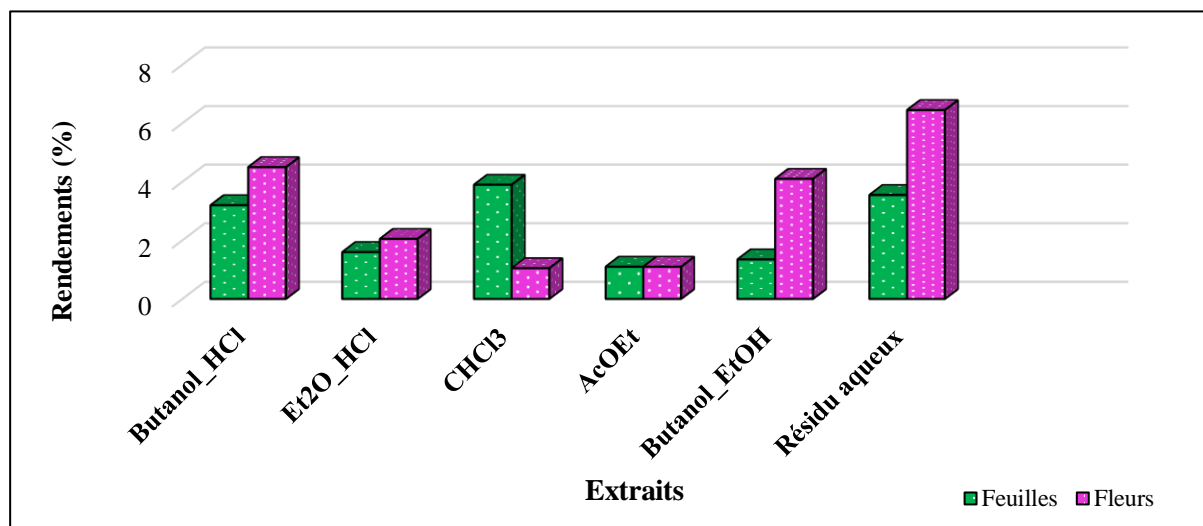
**N.B** : Nous rappelons que l'extraction sélective a été appliquée uniquement aux organes feuilles et fleurs vu leurs richesses en polyphénols.

Les résultats des rendements bruts de l'extraction sélective sont reportés dans le **tableau 4** et illustrés par la **figure 10**.

**Tableau 4.** Rendements (%) de l'extraction sélective.

Système	Extrait	Matériel végétale	Masse (g)	Rendement (%)
<b>1<sup>ère</sup>Méthode</b> Après hydrolyse acide	ButOH <sub>HCl</sub>	Feuilles	0.064	3.200
		Fleurs	0.090	4.500
	Et <sub>2</sub> O <sub>HCl</sub>	Feuilles	0.032	1.600
		Fleurs	0.041	2.050
<b>2<sup>ème</sup>Méthode</b> Sans hydrolyse acide	CHCl <sub>3</sub>	Feuilles	0.078	3.900
		Fleurs	0.021	1.050
	AcOEt	Feuilles	0.022	1.100
		Fleurs	0.022	1.100
	ButOH <sub>EtOH</sub>	Feuilles	0.027	1.350
		Fleurs	0.041	4.100
	Résidu aqueux	Feuilles	0.071	3.55
		Fleurs	0.129	6.45

## RESULTATS ET DISCUSSION

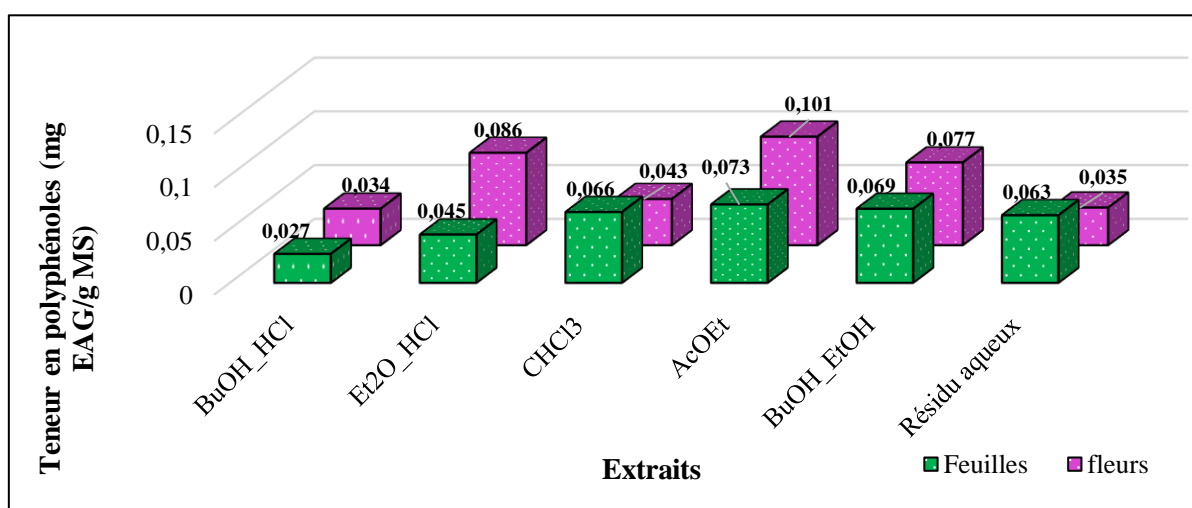


**Figure 10.** Rendements (%) de l'extraction sélective de *J. rupestris*.

On remarque que quel que soit la méthode utilisée les rendements des extractions sont variables. Par contre, les rendements des extraits des fleurs enregistrent de forts rendements.

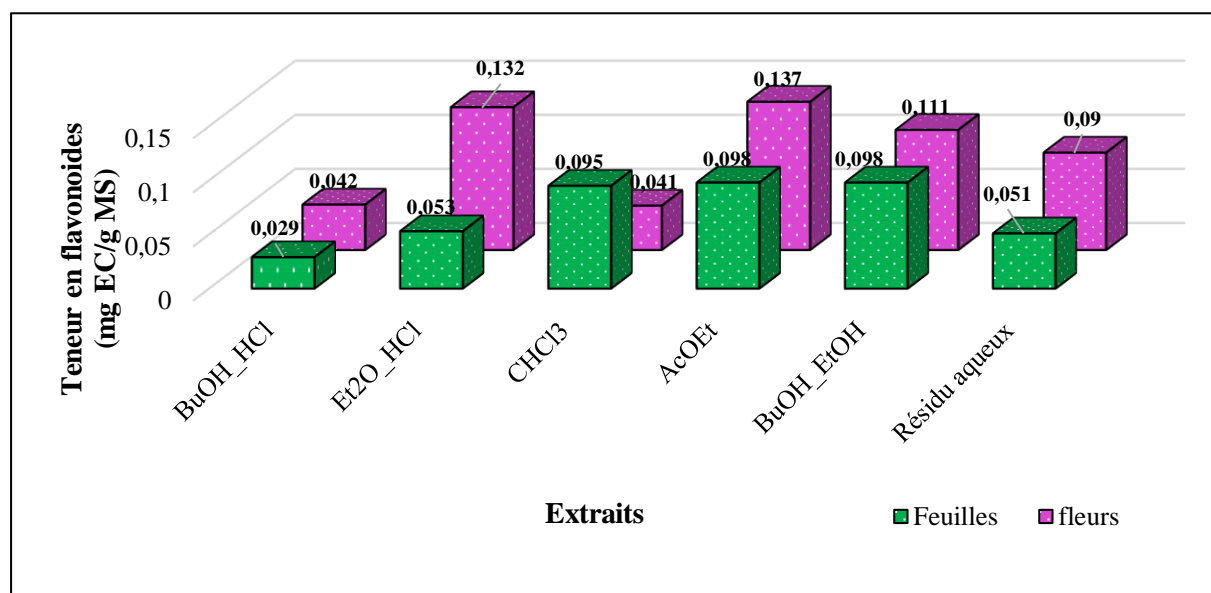
#### 4. Dosage des polyphénols et des flavonoïdes

Les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des différents extraits de la plante *J. rupestris* sont illustrées par les **figures 11**, **12** et **annexe 1**.



**Figure 11.** Teneurs en polyphénols totaux des extraits de *J. rupestris*. (Exprimées en mg équivalent acide gallique par g de la matière végétale sèche).

## RESULTATS ET DISCUSSION



**Figure 12.** Teneurs en flavonoïdes totaux des extraits de *J. rupestris*. (Exprimées en mg équivalent catéchine par g de la matière végétale sèche).

On remarque que les extraits AcOEt (fr), Et<sub>2</sub>O<sub>HCl</sub> (fr) et BuOH<sub>EtOH</sub> (fr) sont les plus riches en polyphénols et en flavonoïdes. Ces résultats montrent et confirment l'utilisation du BuOH et de l'AcOEt pour l'extraction des polyphénols.

Les teneurs de nos extraits de *J. rupestris* en polyphénols et en flavonoïdes sont beaucoup inférieures à ceux trouvées par **Diab et al.**, chez *J. candicans* ( $119 \pm 7.6$  mg EAG/100g MS et  $96.2 \pm 1.4$  mg EQ/100g MS) respectivement [11]. Les mêmes résultats sont obtenus pour *J. sericea*, les quantités les plus importantes de polyphénols totaux et flavonoïdes sont observées respectivement dans l'extrait méthanolique ( $283.61 \pm 0.58$  µg EAG/mg) et l'extrait acétate d'éthyl (fl) ( $54.48 \pm 1.29$  µg EQ/mg) [15].

### 5. Chromatographie sur couche mince (CCM)

Le but de la CCM est de mettre en évidence la variabilité de la composition des extraits. Les résultats de la CCM de l'empreinte flavonique des différents extraits sont illustrés par la **photo 3** et présentés dans le **tableau 5**.



## RESULTATS ET DISCUSSION



**Photo 3.** CCM des extraits de *J. rupestris*.

**S<sub>1</sub>**: ExtAcOEt (fl); **S<sub>2</sub>**: ExtAcOEt (fr); **S<sub>3</sub>**: ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fl); **S<sub>4</sub>**: ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr); **S<sub>5</sub>**: ExtEtOH (fl) ; **S<sub>6</sub>**: ExtEtOH (fr) ; **S<sub>7</sub>** : ExtEt<sub>2</sub>O (fr) ; **S<sub>8</sub>** : ExtCHCl<sub>3</sub> (fr).

**Tableau 5.** Résultats de la CCM des extraits de *J. rupestris*.

Extrait	Rf, couleur des spots
AcOEt (fl)	<b>0.74, J-V</b>
AcOEt (fr)	<b>0.59, J-V / 0.74, J-V</b>
BuOH (fl)	<b>0.44, J-V / 0.55, J-V / 0.60, J-V / 0.73, J-V / 0.80, J-V / 0.86, J-V</b>
BuOH (fr)	<b>0.35, J-V / 0.43, J-V / 0.53, J-V / 0.60, J-V / 0.73, J-V / 0.81, J-V / 0.86, J-V</b>
EtOH (fl)	<b>0.38, J-V / 0.45, J-V / 0.55, J-V / 0.73, J-V / 0.81, J-V / 0.89, R</b>
EtOH (fr)	<b>0.45, J-V / 0.55, J-V / 0.60, J-V / 0.73, J-V / 0.82, J-V / 0.89, R</b>
Et <sub>2</sub> O <sub>HCl</sub> (fr)	<b>0.73, J-V / 0.83, J-V / 0.89, J-V</b>
CHCl <sub>3</sub> (fr)	<b>0.82, J-V / 0.89, J-V / 0.93, R</b>

**J-V** : Jaune-vert / **R** : Rouge

En absence de témoins, nous ne pouvons pas attribués les spots observés aux familles chimiques polyphénoliques. Cependant, on remarque que les extraits ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fl); ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr); ExtEtOH (fl) et ExtEtOH (fr) ont presque

## RESULTATS ET DISCUSSION

la même empreinte flavonique. Selon les couleurs des spots, les groupements des composés présents sont susceptibles d'appartenir aux flavonols (jaune et vert) [42],[43].

### 6. Chromatographie liquide à haute performance (HPLC)

**N.B :** Pour des raisons techniques et pour les résultats d'activités obtenus (paragraphe 8) nous avons analysés par HPLC que les ExtEtOH (fr), ExtAcOEt (fr) et ExtBuOH (fr).

Les résultats de l'analyse par HPLC des différents extraits de *J.rupestris* sont consignés dans le **tableau 6** et ceux des témoins sont illustrés par **annexe 2**.

**Tableau 6.** Résultat de la HPLC des extraits analysés (%).

Constituant	Ext EtOH (fr)	Ext AcOEt (fr)	Ext BuOH (fr)
NI	ND	ND	1,113
<b>Acide cinnamique</b>	0,252	ND	<b>66,935</b>
Nicotinamide	0,727	0,610	ND
Acide ascorbique	0,154	0,110	3,665
Acide gallique	0,163	tr	ND
Résorcinol	5,635	ND	ND
NI	1,852	ND	ND
<b>Rutine</b>	<b>34,995</b>	<b>60,013</b>	ND
<b>Myricétine</b>	<b>20,192</b>	<b>6,064</b>	ND
Coumarine	-	0,549	ND
<b>Epicatechine</b>	<b>6,478</b>	3,110	ND
NI	2,535	ND	ND
Génistéine	3,745	ND	ND
NI	4,902	ND	ND
NI	2,959	ND	ND
NI	ND	<b>29,545</b>	<b>28,038</b>
NI	<b>13,895</b>	ND	ND
Catéchine	1,517	ND	0,200

**NI :** Non identifié ; **ND :** Non détecté

**T<sub>r</sub> :** Temps de rétention ; **tr :** trace

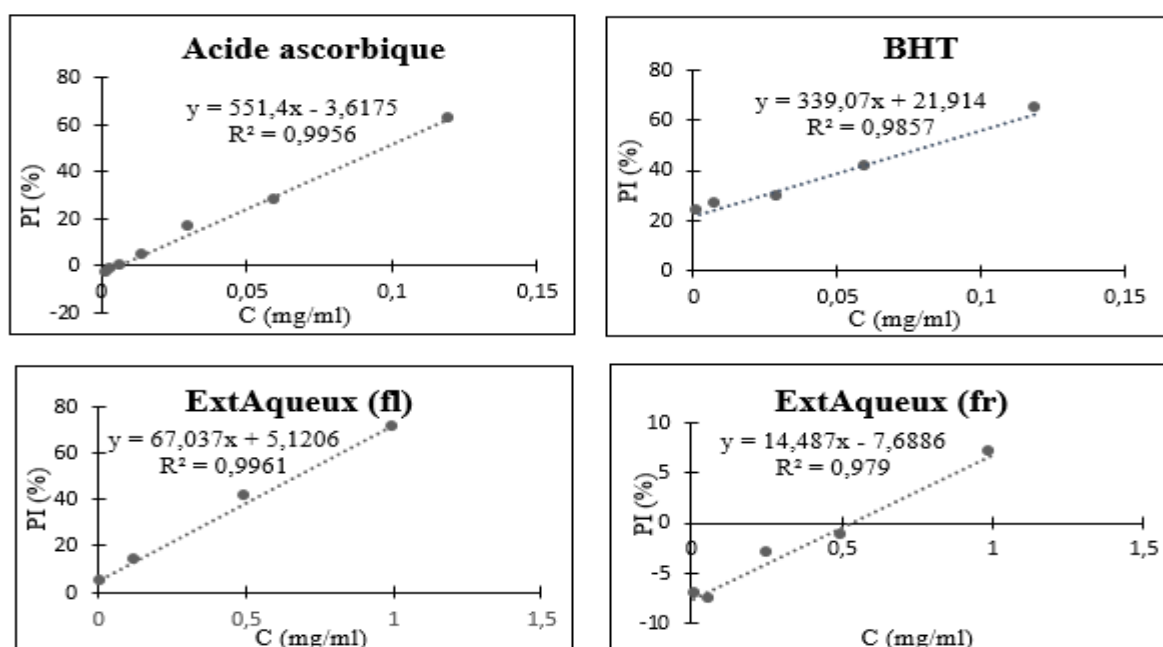
## RESULTATS ET DISCUSSION

On remarque que les pics des trois chromatogrammes sont mal séparés avec une mauvaise ligne de base. Mais avec une approche des temps de rétention des témoins analysés dans les mêmes conditions opératoires, nous pouvons attribuer quelques pics aux produits connus. Ainsi, les extraits EtOH (fr) et AcOEt (fr) sont riches en rutine (34,99%), myricétine (20,19%) et deux composés non identifiés (13,89% ; 29,54%) respectivement. Alors que l'ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr) est riche en acide cinnamique (66,93%) et un autre composé non identifié (28,03%)

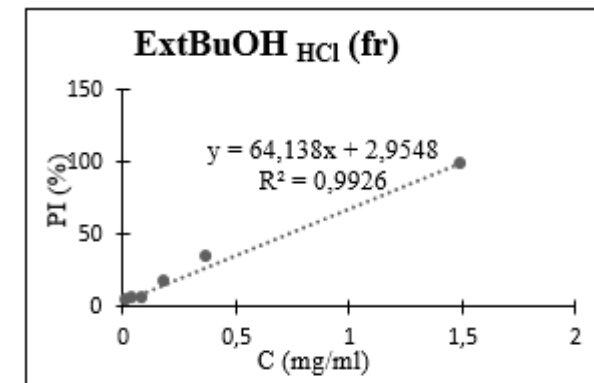
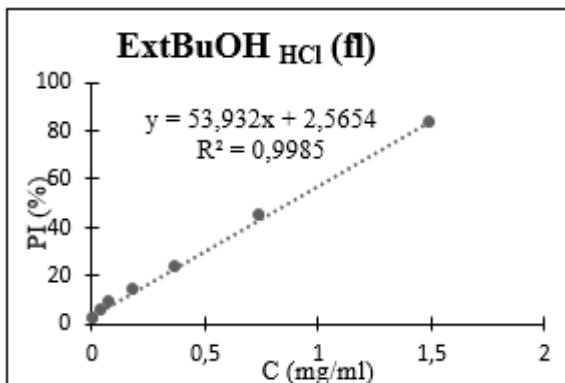
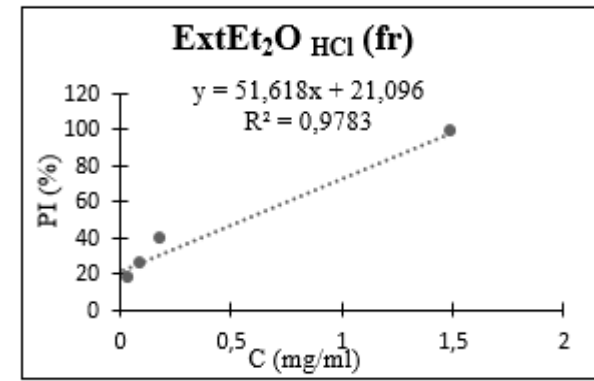
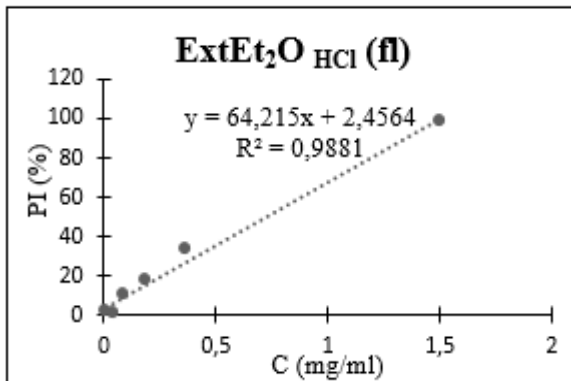
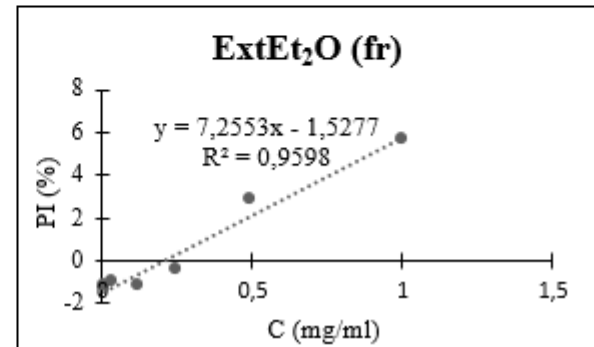
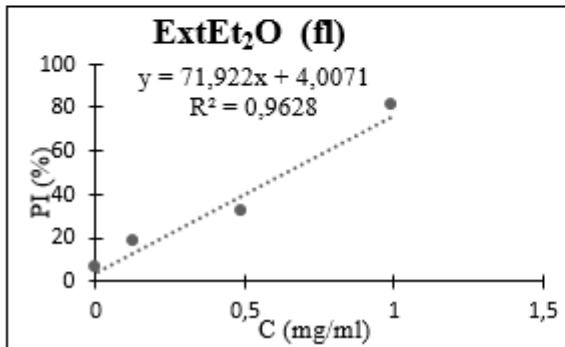
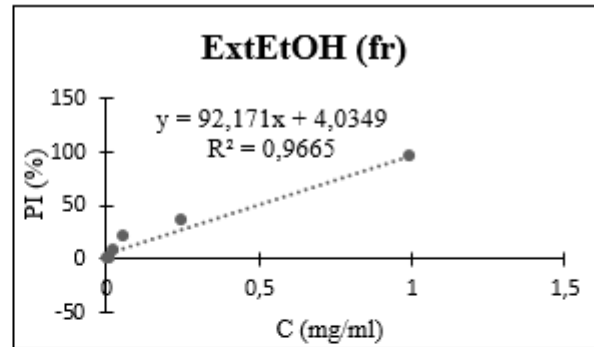
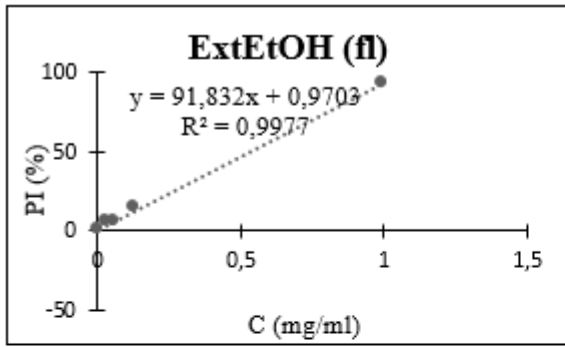
L'étude phytochimique de *J.saxatilis* a montré l'abondance des composés phénoliques et des flavonoïdes dont les acides 3,4-Dihydroxy-5-prényl cinnamique, 3,3'-di-O-méthylellagique, 1,3-dicaffeoylquinique et la quercetin-3-O-glucuronide et 4'-hydroxylwogonine [18].

### 7. Activité antiradicalaire par la méthode au DPPH

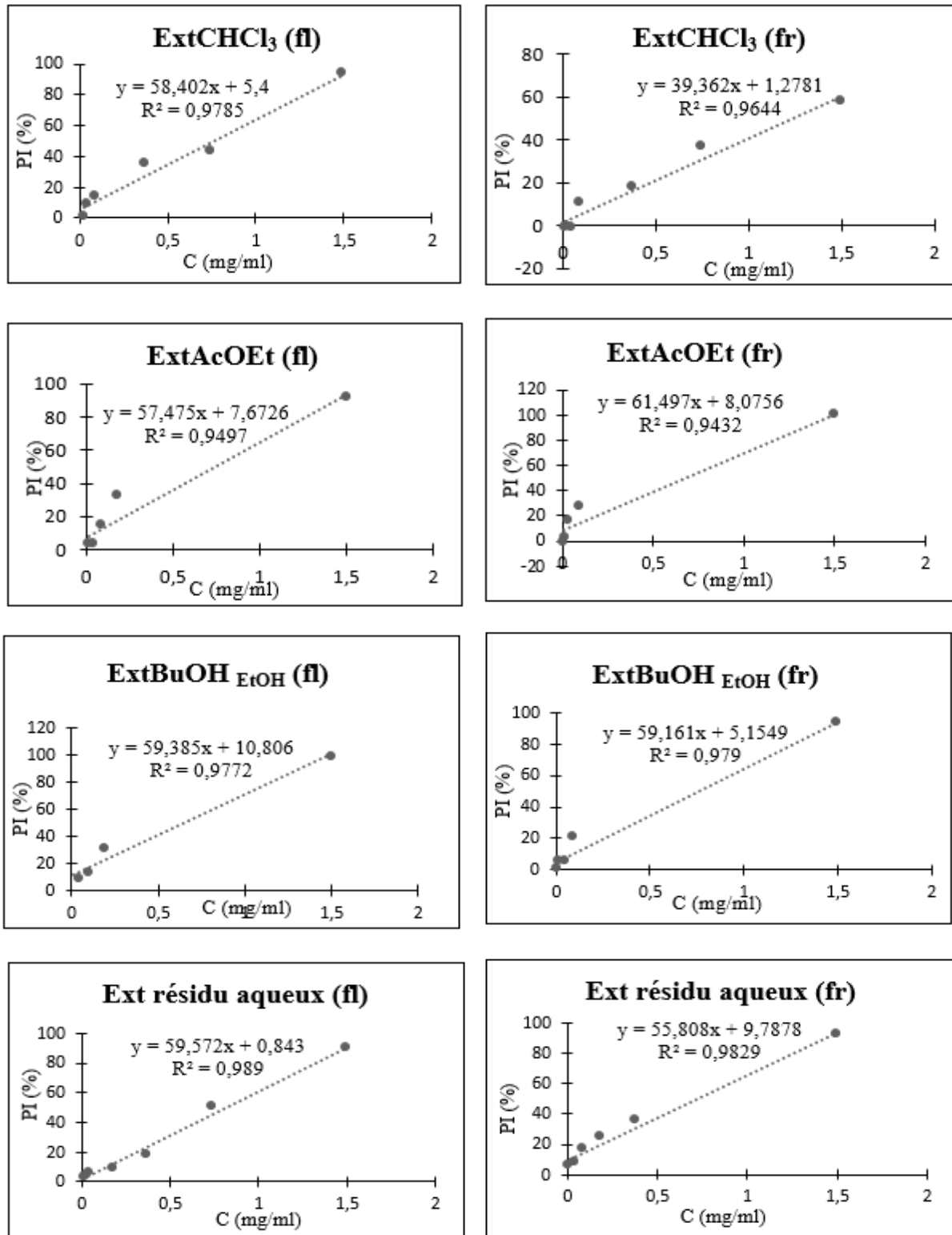
Les résultats au DPPH des différents extraits des feuilles et des fleurs de *J. rupestris* sont présentés par la **figure 13** et exprimés en IC<sub>50</sub> par la **figure 14**.



# RESULTATS ET DISCUSSION

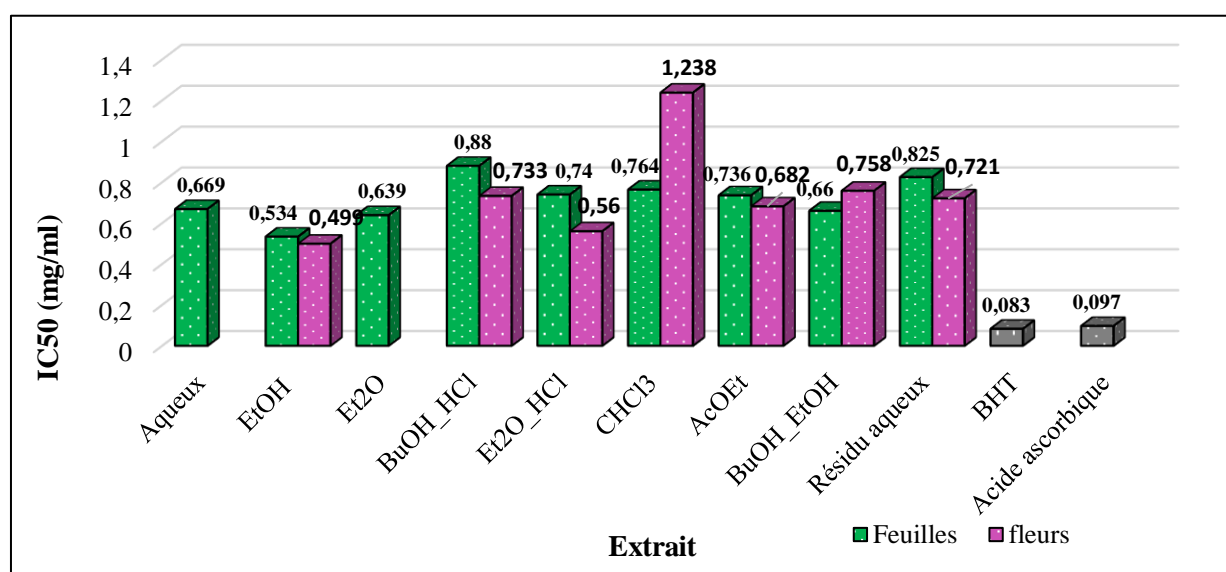


## RESULTATS ET DISCUSSION



**Figure 13** : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par les différents extraits (**fl** : feuilles, **fr** : fleurs)

## RESULTATS ET DISCUSSION



**Figure 14.** IC<sub>50</sub> des différents extraits de la plante *J. rupestris*.

D'après la **figure 13**, on constate que le pourcentage d'inhibition de chaque extrait est proportionnellement dépendant de sa concentration. A 1.5mg/ml La majorité des extraits à l'exception de l'ExtAqueux (fr) et l'Ext Et<sub>2</sub>O(fr) enregistrent de fortes inhibitions qui dépassent 80%

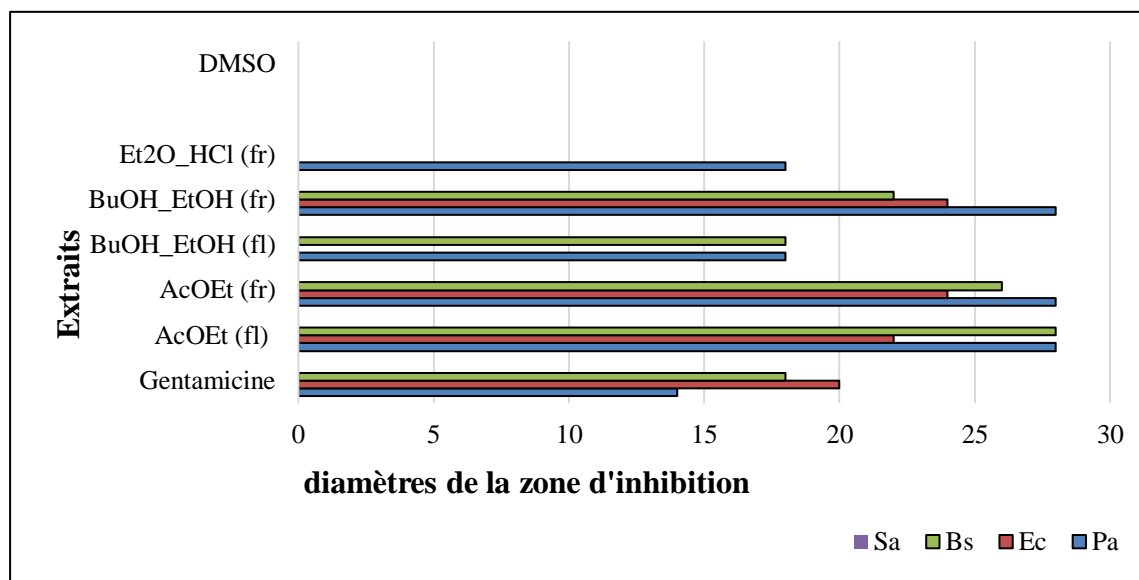
Selon les IC<sub>50</sub>, les ExtEtOH des fleurs et des feuilles expriment un pouvoir antioxydant élevé de 0, 499 mg/ml et 0,534 mg/ml respectivement.

En comparaison avec l' HE de *J. rupestris* de Maghnia (Tlemcen), celle-ci a montré un faible pouvoir antioxydant (IC<sub>50</sub>= 2.624mg/ml) par rapport aux standards l'acide ascorbique (IC<sub>50</sub>= 0.024mg/ml) et le BHT (IC<sub>50</sub>= 0.0063mg/ml) [3]. Par contre, l'extrait aqueux et éthanolique de la partie aérienne de la plante *J. iphionoides* ont montré une forte activité antioxydante avec IC<sub>50</sub> = 0.05mg/ml [41]. Un bon pouvoir antiradicalaire est enregistré pour l'extrait éthanolique des feuilles de *J. candicans* (IC<sub>50</sub>=22.1µg/ml) comparer à l'acide ascorbique (IC<sub>50</sub> =15µg/ml) [11].

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 8. Activité antibactérienne

Les résultats de l'activité antibactérienne des extraits retenus par la méthode sur milieu solide sont illustrés par la **figure 15** et l'**annexe 3**.



**Sa** : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ; **Bs** : *Bacillus subtilis* ATCC 6633 ;  
**Ec** : *Echerichia coli* ATCC 8739 ; **Pa** : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

**Figure 15.** Diamètres des zones d'inhibition des extraits de *J. rupestris*.  
par la méthode de Vincent.

D'après la **figure 15**, on remarque que les extraits retenus (ExtEt<sub>2</sub>O<sub>HCl</sub> (fr), ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr), ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fl), ExtAcOEt (fr) et ExtAcOEt (fl) sont très actifs par rapport à la gentamicine sur les trois souches (Bs, Ec et Pa) dont les diamètres des zones d'inhibitions varient de 15-25 mm. Par contre la souche Sa s'est révélée résistante.

Au vu des travaux antérieurs, l'huile essentielle de *J. rupestris* obtenue par hydrodistillation s'est révélée active contre *Listeria monocytogenes* ATCC 19115, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 dont les diamètres des zones d'inhibitions sont 16mm, 12mm et 12mm respectivement mais inactive sur *Pa* ATCC 27853 et *Ec* ATCC 25922 [3].

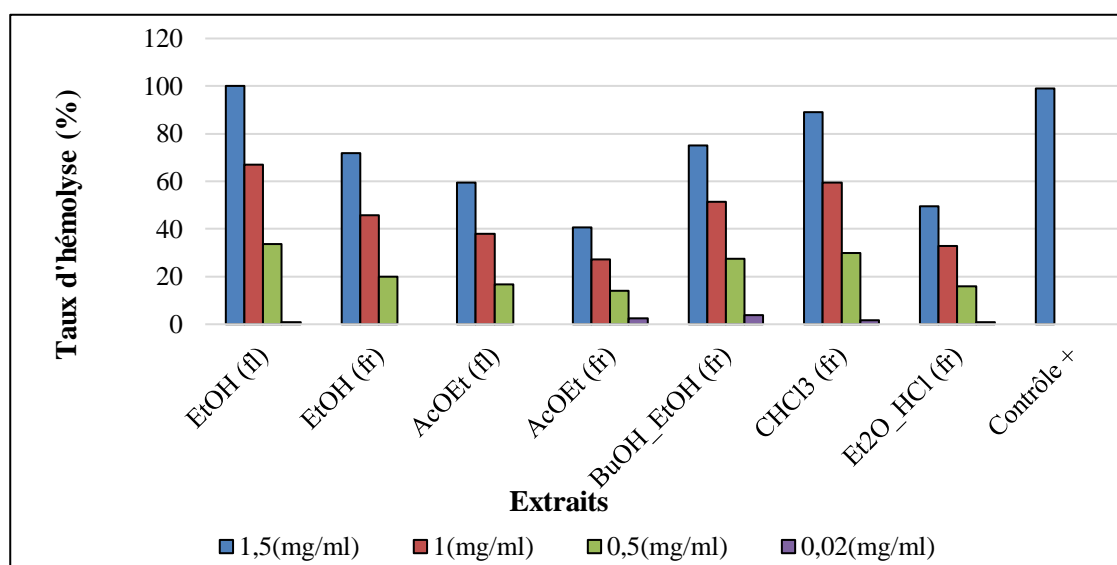
## RESULTATS ET DISCUSSION

Au regard des espèces du même genre, l'extrait d'acétone de la partie aérienne de *J. montana* possède une forte activité contre *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus spp* avec des diamètres d'inhibitions de  $25.60\pm 0.59$ mm et  $20.66\pm 0.59$ mm respectivement [44]. Aussi, les extraits méthanolique, d'acétone et d'hexane de *J. iphionoides* ont produit une zone d'inhibition contre *Staphylococcus aureus* de diamètre 14mm, 11mm et 11mm respectivement, alors que l'extrait aqueux est actif contre *Shigella sonnie* avec une zone d'inhibition de 20mm de diamètre [45].

Les résultats obtenus montrent que les extractibles favonoïdiques étherique, butanoliques et de l'acétate d'éthyle des feuilles et des fleurs de *J. rupestris* exercent de fortes activités sur les bactéries G- en particulier Pa reconnue pour sa résistance aux antibiotiques et aux substances naturelles. Cette activité antibactérienne des flavonoïdes est due probablement à l'interaction au moyen des ponts hydrogènes aux enzymes ou aux protéines membranaires des microorganismes [46].

### 9. Activité hémolytique

Les résultats de l'activité hémolytiques des extraits de *J. rupestris* sont représentés par la **figure 16**.



**Figure 16.** Taux d'hémolyse des extraits de *J. rupestris* après 30min.



## RESULTATS ET DISCUSSION

---

On remarque que le te taux d'hémolyse est proportionnellement dépendant de la concentration. L'hémolyse maximale est obtenue avec l'ExtEtOH (fl) à la concentration de 1,5 mg/ml. A la concentration de 0,5mg/ml, les extraits testés provoquent une hémolyse inférieure à 35% après 30min. Mais à 20 µg/ml tous les extraits montrent une très faible hémolyse.

**Daoudi**, a montré que 5 µl de l'HE de *J.rupestris* provoquent une hémolyse de l'ordre de 6.18% après 30min [3].

# **Conclusion générale**

## CONCLUSION GENERALE

---

### Conclusion générale

Les plantes médicinales sont une source inappréciable qui mérite des études plus approfondies pour découvrir de nouvelles molécules bioactives comme les composés phénoliques et les huiles essentielles douées des vertus thérapeutiques et qui peuvent être bénéfiques pour la santé publique.

Cette étude a été effectuée en vue d'examiner la composition chimique et d'évaluer l'activité antioxydante, antibactérienne et cytotoxique de quelques extraits de la plante *Jasonia rupestris*. Au vu des résultats obtenus, on remarque :

- Plusieurs familles phytochimiques sont mises en évidence dans la plante *J.rupestris* à savoir les flavonoïdes, les tanins, les coumarines, les quinones, les stéroïdes et les carbohydrates.
- D'après l'analyse HPLC, l'ExtEtOH (fr) et l'ExtAcOEt (fr) sont riches en rutine (34,99% et 60,01% respectivement) alors que l'acide cinnamique était le composé majoritaire chez ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr) (66,93%).
- L'ExtAcOEt (fr), ExtEt<sub>2</sub>O<sub>HCl</sub> (fr) et ExtBuOH<sub>EtOH</sub> (fr) ont montré les plus fortes teneurs en flavonoïdes et en polyphénols de l'ordre 0.101, 0.086 et 0.077 mg EAG/g MS respectivement pour les polyphénols et 0.137, 0.132 et 0.111 mg EC/g MS respectivement pour les flavonoïdes.
- L'activité antioxydante évaluée par la méthode du DPPH a révélé que la majorité des extraits possèdent un bon pouvoir antioxydant dont les ExtEtOH des fleurs et des feuilles sont les plus importants (0.499mg/ml et 0.534mg/ml respectivement).
- L'ExtEt<sub>2</sub>O<sub>HCl</sub>(fr) , ExtButanol<sub>EtOH</sub> (fr), ExtButanol<sub>EtOH</sub> (fl) , ExtAcOEt (fr) et ExtAcOEt(fl) sont très actifs sur les trois souches *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Echerichia coli* ATCC 8739 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 par rapport à la gentamicine.

## CONCLUSION GENERALE

---

- Le pouvoir hémolytique le plus élevé a été signalé pour l'ExtEtOH (fl) qui a provoqué une hémolyse totale à 1.5mg/ml après 30min. Tous les extraits testés provoquent une hémolyse inférieure à 4% à 0.02mg/ml.
- Cette étude n'est qu'une ébauche de recherche des substances naturelles bioactives et il est souhaitable de poursuivre ce travail par une analyse chimique approfondi et la réalisation des tests biologiques in-situ et in vivo.

# **Références bibliographiques**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### Références bibliographiques

- [1] A. Lazli, M. Beldi, L. Ghouri, and N. E. H. Nouri, “Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous (Parc National d’El Kala,-Nord-est algérien),” *Bull. la Société R. des Sci. Liège*, vol. 88, pp. 22–43, 2019.
- [2] L. Touati, T. Hamel, A. Meddad-Hamza, and G. de Bélair, “Analysis of rare and endemic flora in northeastern Algeria: the case of the wilaya of Souk Ahras,” *Bull. la Société R. des Sci. Liège*, 2021.
- [3] F. Daoudi, “Analyse chimique et propriétés biologiques des huiles essentielles de *Chiliadenus rupestris* et *Thymus coloratus* (Zaater) de la région de Tlemcen,” Master Chimie MBSA, Univ. ABB Tlemcen-Algérie, 2016.
- [4] A. Bengtson and A. A. Anderberg, “Species diversification in the Mediterranean genus *Chiliadenus* (Inuleae-Asteraceae),” *Plant Syst. Evol.*, vol. 304, no. 7, pp. 853–860, 2018, doi: 10.1007/s00606-018-1515-2.
- [5] “<https://www.gbif.org/fr/species/3089849>.”
- [6] A. Pomel, *Nouveaux matériaux pour la Flore Atlantique*. Savy, 1874.
- [7] “<https://herbier.umontpellier.fr/hv/wakka.php?wiki=PagePrincipale/iframe&action=recherche&genre=chiliadenus&espece=rupestris>.”
- [8] “<https://www.teline.fr/fr/a-propos/mentions-legales>.”  
(Jean-Paul Peltier, 17-01-2023)
- [9] “<https://efloramaghreb.org/specie/136997>.”
- [10] F. Hammerschmidt, A. Clark, and F. Soliman, “Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils of *Jasonia candicans* and *J. montana*,” no. Atcc 6633, pp. 68–70, 1992.
- [11] T. A. Diab, T. Donia, and K. M. Saad-Allah, “Characterization, antioxidant, and cytotoxic effects of some Egyptian wild plant extracts,” *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–13, 2021.
- [12] T. A. Al-Howiriny, A. J. Al-Rehaily, J. R. Pols, J. R. Porter, J. S. Mossa, and B. Ahmed, “Three new diterpenes and the biological activity of different extracts of *Jasonia montana*,” *Nat. Prod. Res.*, vol. 19, no. 3, pp. 253–265, 2005.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [13] P. Avato, F. Raffo, N. A. Aldouri, and S. T. Vartanian, "Essential oils of *Varthemia iphionoides* from Jordan," *Flavour Fragr. J.*, vol. 19, no. 6, pp. 559–561, 2004.
- [14] A. R. Abdelhalim and A. M. Al-Munawarah, "Pharmacological properties and chemical constituents of *chiliadenus iphionoides* (syn. *Varthemia iphionoides*): a review," *Eur. J. Med. Plants*, vol. 31, pp. 84–97, 2020.
- [15] A. Dehimat, I. Azizi, V. Barragan-Montero, and B. Khettal, "Cytotoxicity and antioxidant activities of leaf extracts of *Varthemia sericea* (Batt. et Trab.) Diels," *Eur. J. Integr. Med.*, vol. 44, p. 101338, 2021.
- [16] A. Dehimat, I. Azizi, V. Baraggan-Montero, and B. Khettal, "In vitro antioxidant and inhibitory potential of leaf extracts of *Varthemia sericea* against key enzymes linked to type 2 diabetes," *Jordan J. Biol. Sci.*, vol. 14, no. 1, 2021.
- [17] M. El Yaagoubi *et al.*, "Chemical Composition, Antibacterial Screening and Cytotoxic Activity of *Chiliadenus antiatlanticus* (Asteraceae) Essential Oil," *Chem. Biodivers.*, vol. 18, no. 6, pp. e2100115–e2100115, 2021.
- [18] H. A. Mohammed, A. K. Abdulkarim, A. D. Alamami, and F. A. Elshibani, "Phytochemical Constituents and Biological Activities of *Jasonia glutinosa* L.: The First Report for the Plant Growing in North Africa," *J. Chem.*, vol. 2022, 2022.
- [19] P. Karak, "Biological activities of flavonoids: an overview," *Int. J. Pharm. Sci. Res*, vol. 10, no. 4, pp. 1567–1574, 2019.
- [20] A. K. Das, M. N. Islam, M. O. Faruk, M. Ashaduzzaman, and R. Dungani, "Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities," *South African J. Bot.*, vol. 135, pp. 58–70, 2020.
- [21] A. P. Singh and S. Kumar, "Applications of tannins in industry," *Tann. Prop. Biol. Prop. Curr. Knowl.*, 2020.
- [22] F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck, and M. Idaomar, "Biological effects of essential oils—a review," *Food Chem. Toxicol.*, vol. 46, no. 2, pp. 446–475, 2008.
- [23] Z. A. A. Aziz *et al.*, "Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential—a review," *Curr. Drug Metab.*, vol. 19, no. 13, pp. 1100–1110, 2018.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [24] J.-L. Ríos, “Chapter 1 - Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined,” V. R. B. T.-E. O. in F. P. Preedy Flavor and Safety, Ed. San Diego: Academic Press, 2016, pp. 3–10. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8>.
- [25] B. Milpied-Homsy, *Progrès en dermato-allergologie: Bordeaux 2009*, vol. 15. John Libbey Eurotext, 2009.
- [26] P. Quézel and S. Santa, “Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales,” 1962.
- [27] S. F. Zohra, B. Meriem, S. Samira, and M. A. Muneer, “Phytochemical screening and identification of some compounds from mallow,” *J Nat Prod Plant Resour*, vol. 2, no. 4, pp. 512–516, 2012.
- [28] R. N. S. Yadav and M. Agarwala, “Phytochemical analysis of some medicinal plants,” *J. Phytol.*, vol. 3, no. 12, 2011.
- [29] F. Haddouchi, T. M. Chaouche, and N. Halla, “Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d’Algérie,” *Phytothérapie*, vol. 16, no. S1, pp. S254–S262, 2018.
- [30] K. D. Rajesh, S. Vasantha, N. V Rajesh, and A. Panneerselvam, “Qualitative and quantitative phytochemical analysis in four pteridophytes,” *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, vol. 27, no. 2, pp. 408–412, 2014.
- [31] T. S. Srujana, R. B. Konduri, and B. S. S. Rao, “Phytochemical investigation and biological activity of leaves extract of plant *Boswellia serrata*,” *pharma Innov.*, vol. 1, no. 5, Part A, p. 22, 2012.
- [32] P. Lebreton, M. Jay, B. Voirin, and M. P. Bouchez, “Sur l’analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes,” *Chim. Anal. Fr*, vol. 49, no. 7, pp. 375–383, 1967.
- [33] T. M. Upson, R. J. Grayer, J. R. Greenham, C. A. Williams, F. Al-Ghamdi, and F.-H. Chen, “Leaf flavonoids as systematic characters in the genera *Lavandula* and *Sabaudia*,” *Biochem. Syst. Ecol.*, vol. 28, no. 10, pp. 991–1007, 2000, doi: [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(00\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(00)00013-2).
- [34] V. L. Singleton and J. A. Rossi, “Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents,” *Am. J. Enol. Vitic.*, vol. 16, no. 3, pp. 144–158, 1965.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [35] F. Ali-Rachedi, S. Meraghni, N. Touaibia, and S. Mesbah, "Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L.," *Bull. la société R. des Sci. liège*, 2018.
- [36] V. Dewanto, X. Wu, K. K. Adom, and R. H. Liu, "Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 50, no. 10, pp. 3010–3014, 2002.
- [37] P. Prieto, M. Pineda, and M. Aguilar, "Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E," *Anal. Biochem.*, vol. 269, no. 2, pp. 337–341, 1999.
- [38] F. Al-Rimawi *et al.*, "Assessment of Antimicrobial, Anticancer, and Antioxidant Activity of *Verthimia iphionoides* Plant Extract," *Processes*, vol. 10, no. 11, p. 2375, 2022.
- [39] K. Ouled Taarabt, T. Koussa, and A. Mohamed Najib, "Caractéristiques physicochimiques et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. au Maroc," *Afrique Sci. Rev. Int. des Sci. Technol.*, vol. 13 (01), pp. 349–359, Jan. 2017.
- [40] G. Kumar, L. Karthik, and K. V. B. Rao, "Hemolytic activity of Indian medicinal plants towards human erythrocytes: an in vitro study," *Elixir Appl Bot.*, vol. 40, no. 5534, p. e5537, 2011.
- [41] M. M. Al-Dabbas, T. Suganuma, K. Kitahara, D.-X. Hou, and M. Fujii, "Cytotoxic, antioxidant and antibacterial activities of *Varthemia iphionoides* Boiss. extracts," *J. Ethnopharmacol.*, vol. 108, no. 2, pp. 287–293, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.05.006>.
- [42] R. Merghem, M. Jay, M.-R. Viricel, C. Bayet, and B. Voirin, "Five 8-C-benzylated flavonoids from *Thymus hirtus* (Labiatae)," *Phytochemistry*, vol. 38, no. 3, pp. 637–640, 1995, doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)00578-H](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)00578-H).
- [43] J.B. Harborne, "Chromatography of phenolic compounds", éd. department of botany university of reading, England, pp.759-778, 1963.
- [44] G. S. G. Zeedan, A. M. Abdalhamed, E. Abdeen, M. E. Ottai, and S. Abdel-Shafy, "Evaluation of antibacterial effect of some Sinai medicinal plant extracts on bacteria isolated from bovine mastitis.," *Vet. World*, vol. 7, no. 11, 2014.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [45] R. Sbieh, S. Al-Lahham, and N. Jaradat, “Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties of four different extracts derived from the aerial parts of *Chiliadenus iphinoides*,” *Eur. J. Integr. Med.*, vol. 54, p. 102149, 2022.
- [46] D. Karou, M. H. Dicko, J. Simporé, S. Yameogo, S. Sanon, and A. S. Traoré, “Activités antioxydantes et antibactériennes des polyphénols extraits de plantes médicinales de la pharmacopée traditionnelle du Burkina Faso,” *Maitrise des procédés en vue d’améliorer la Qual. la sécurité des Aliment. Util. des OGM, Anal. des risques en Agroaliment. ouagadougou*, pp. 8–11, 2005.

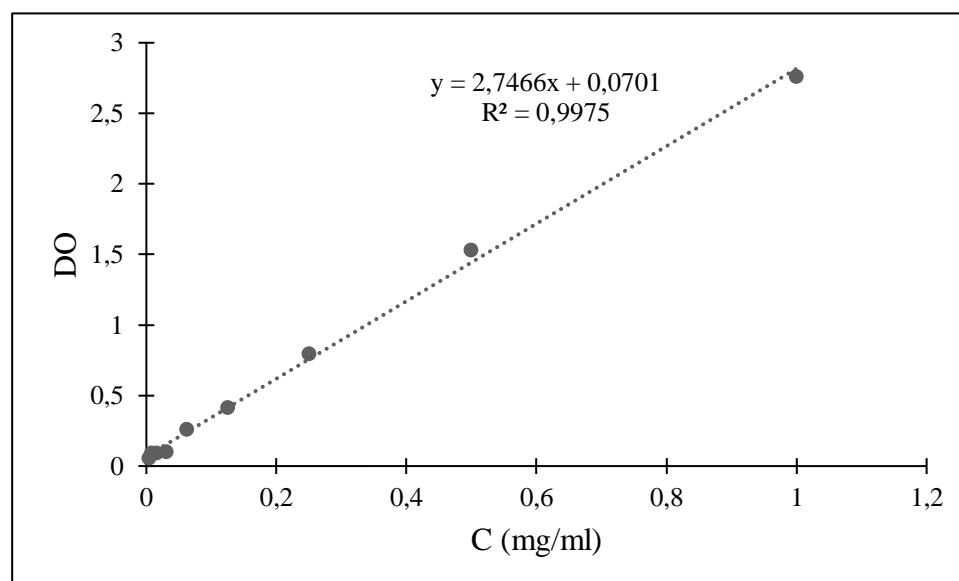
# **Annexes**

# ANNEXES

## Annexe 1

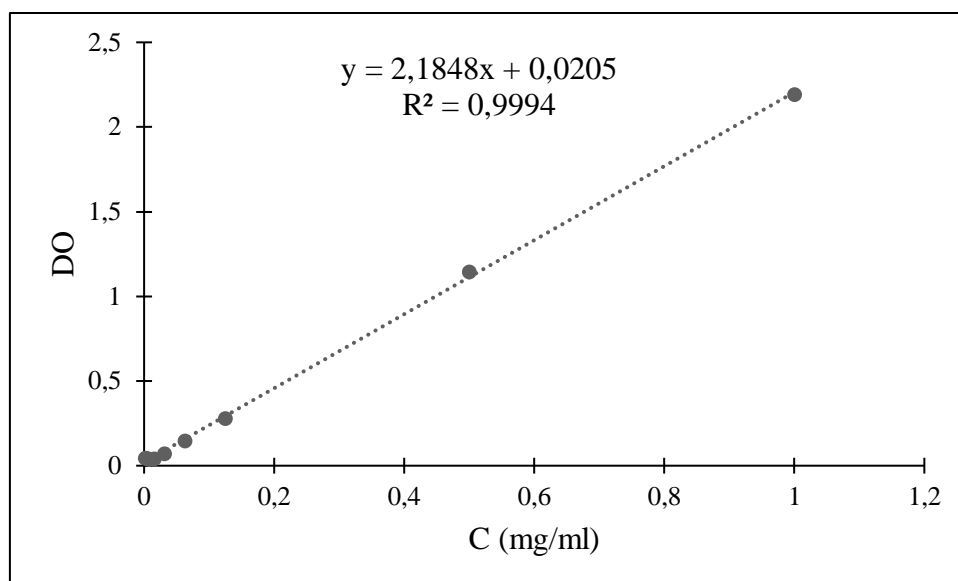
**Tableau 7.** Les densités optiques du dosage des polyphénols et des flavonoïdes.

Extraits	Les polyphénols	Les flavonoïdes
BuOH <sub>HCl</sub> (fl)	0.802	0.277
BuOH <sub>HCl</sub> (fr)	0.992	0.384
Et <sub>2</sub> O (fl)	1.304	0.488
Et <sub>2</sub> O (fr)	2.422	1.170
CHCl <sub>3</sub> (fl)	1.889	0.847
CHCl <sub>3</sub> (fr)	1.264	0.375
AcOEt (fl)	2.065	0.878
AcOEt (fr)	2.840	1.214
BuOH (fl)	1.954	0.873
BuOH (fr)	2.181	0.993
Résidu aqueux (fl)	1.809	0.467
Résidu aqueux (fr)	1.024	0.806



**Figure 17.** Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

## ANNEXES



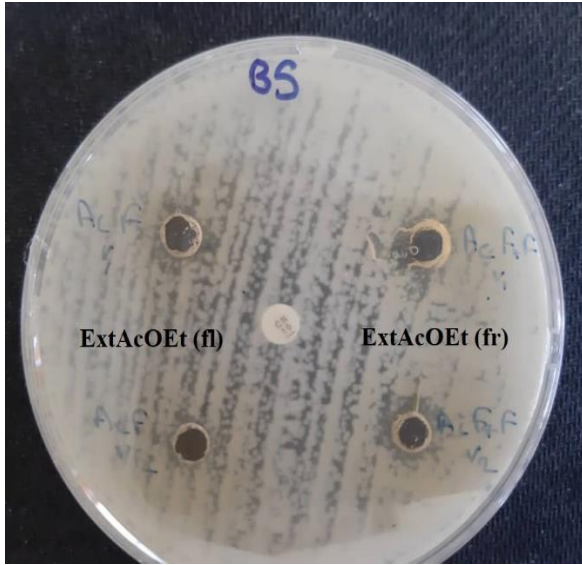
**Figure 18.** Courbe d'étalonnage du catéchine .

### Annexe 2

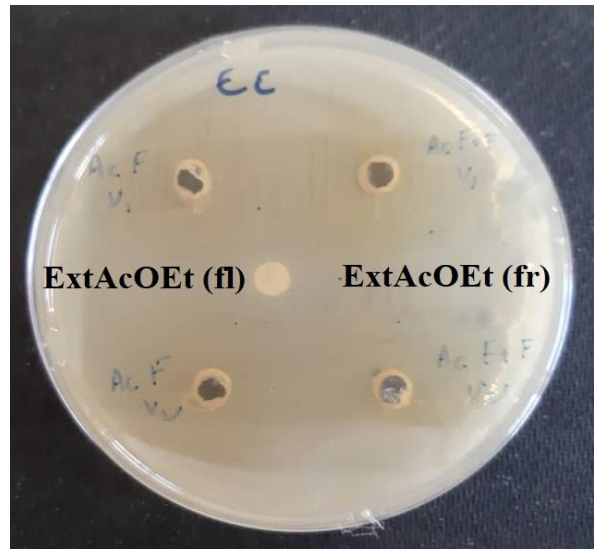
**Tableau 8.** Temps de rétention des étalons pour analyse HPLC.

<b>Etalons</b>	<b>Temps de rétention (min)</b>
Acid cinnamique	2.2
Nicotinamide	3.4
Acide ascorbique	3.9
Acide gallique	7.8
Résorcinol	10
Rutine	15
Myricétine	17.1
Coumarine	18.7
Epicatéchine	20.1
Génistéine	22.2
Catéchine	30

Annexe 3



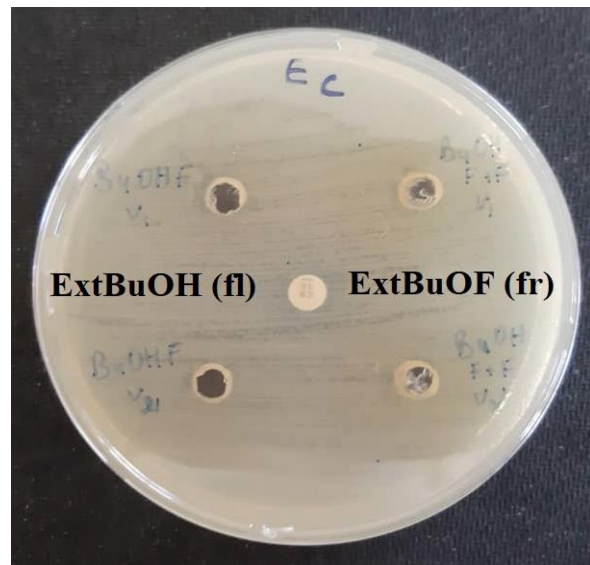
**Figure 19.** Effet de ExtAcOEt sur *Bacillus subtilis* ATCC 6633.



**Figure 20.** Effet de ExtAcOEt sur *Escherichia coli* ATCC 8739.



**Figure 21.** Effet de ExtBuOH sur *Bacillus subtilis* ATCC 6633.



**Figure 22.** Effet de ExtBuOH sur *Escherichia coli* ATCC 8739.