



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



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

**جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1**  
**كلية علوم الطبيعة والحياة.**

**Département :** Biochimie et Biologie cellulaire et moléculaire

:

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

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie.

**Filière :** Sciences Biologiques.

**Spécialité :** Biochimie Appliquée.

**N° d'ordre :**

**N° de série :**

Intitulé :

---

**Etude comparative des activités biologiques d'un extrait hydroalcoolique des parties aériennes (Feuilles et Fleurs) de *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter**

---

**Présenté par :** HAMDOUDI Chourouk Elimene.

**Le :** 22/06/2025

HAMEURLAINE Wissam.

**Jury d'évaluation :**

**Président :** MOKRANI El Hassen (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Encadrant :** BOUDERSA Nabil (MAB - U Constantine 1 Frères Mentouri.).

**Examinateuse :** TENIOU Soumia (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Année universitaire  
2024-2025**



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

**جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1**  
**كلية علوم الطبيعة والحياة.**

**Département :** Biochimie et Biologie cellulaire et moléculaire

:

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

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie.

**Filière :** Sciences Biologiques.

**Spécialité :** Biochimie Appliquée.

**N° d'ordre :**

**N° de série :**

Intitulé :

---

**Etude comparative des activités biologiques d'un extrait hydroalcoolique des parties aériennes (Feuilles et Fleurs) de *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter**

---

**Présenté par :** HAMDOUDI Chourouk Elimene.

**Le :** 22/06/2025

HAMEURLAINE Wissam.

**Jury d'évaluation :**

**Président :** MOKRANI El Hasse (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Encadrant :** BOUDERSA Nabil (MAB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Examinateuse :** TENIOU Soumia (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Année universitaire  
2024-2025**

# *Remerciement*

**N**ous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers **Allah**, le Tout-Puissant, pour Ses innombrables bienfaits, Sa guidance et la force qu'Il nous a accordée tout au long de ce parcours. Sans Sa volonté et Sa miséricorde, rien de tout cela n'aurait été possible.

**N**ous remercions également nos parents, nos frères et sœurs pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible.

**N**ous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à **Dr. Boudersa Nabil**, notre encadreur, pour son accompagnement rigoureux, ses conseils avisés, sa disponibilité constante et ses encouragements tout au long de la réalisation de ce travail. Son expertise scientifique et son soutien nous ont été d'une aide précieuse.

**N**ous remercions également **Zahraoui Chafika**, ingénierie du laboratoire de biochimie RDC, pour son assistance technique, sa collaboration et sa disponibilité durant les travaux pratiques.

**N**ous tenons à exprimer notre sincère gratitude à Monsieur **le Docteur Mokrani El Hassen**, Maître de Conférences A, pour avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

Nous le remercions chaleureusement pour sa présence et pour l'honneur qu'il nous a fait en participant à l'évaluation de notre travail.

**N**ous adressons nos vifs remerciements à Madame **le Docteur Teniou Soumia**, Maître de Conférences A, pour avoir accepté d'examiner notre travail en tant que membre du jury.

Nous lui sommes reconnaissants pour sa présence et pour l'intérêt qu'elle a porté à notre mémoire.

Enfin, **N**ous exprimons notre reconnaissance à **l'Université des Frères Mentouri Constantine 1 (Algérie)**, et tout particulièrement à la **Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**, pour la qualité de la formation dispensée et pour les moyens mis à notre disposition tout au long de ce parcours.

*Merci.*

## **Dédicaces**

Avant toute chose, je rends grâce à **Allah**, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la santé, la patience et la volonté nécessaires à l'aboutissement de ce mémoire.

Je dédie ce travail en premier lieu

**À mon cher père**, dont les sacrifices constants, le dévouement sans faille et les efforts inlassables au cours de ces 23 années ont été les piliers de mon parcours. Ta persévérance et ton amour ont tracé le chemin de ma réussite.

**À ma mère bien-aimée**, veilleuse de mes nuits et source inépuisable de prières et de tendresse. Ta présence rassurante et ton soutien indéfectible ont été mon refuge dans les moments d'incertitude.

**À mes frères et sœurs** : **Ikram, Oumaima et Loukman**, pour votre soutien moral et psychologique, et pour avoir semé les graines de l'espoir dans mon cœur. Votre affection et vos encouragements ont été des lumières guidant mes pas.

**À mon amie et compagne de route**, Aïcha, merci pour ta main tendue chaque fois que je trébuchais. Ta présence constante et ton soutien m'ont permis de surmonter les moments les plus difficiles.

**À ma collègue et lumière dans les ténèbres de l'exil**, Chuarouk, merci pour chaque moment partagé, pour l'amour, la convivialité et la joie. Ta camaraderie a transformé les défis en opportunités de croissance. Bien que je quitte cette wilaya pour retourner chez moi, sachez que vous demeurez à jamais dans mon cœur. Votre impact sur ma vie est indélébile, et je vous en suis profondément reconnaissant.

**À mes chers cousins et cousines**, ainsi qu'à **mes amis fidèles**, pour leur soutien moral et leur présence constante tout au long de mon parcours académique. Leurs encouragements, leur écoute attentive et leur bienveillance ont été des sources inestimables de motivation et de réconfort dans les moments de doute.

**À l'ensemble de mes enseignants** qui ont jalonné mon parcours académique, de l'école primaire jusqu'à l'université, je tiens à exprimer ma profonde gratitude. Leur dévouement, leur expertise et leur passion pour l'enseignement ont toujours été pour moi des sources d'inspiration et de motivation constantes. Je souhaite adresser une mention particulière

**À Madame Boudria F.**, dont l'engagement et le soutien ont joué un rôle déterminant dans mon choix de spécialité ainsi que dans ma progression tout au long de ce parcours

*Hameurlaine Wissam.*

## Dédicace

À Dieu, le Tout-Puissant, Pour Ta lumière qui a guidé mes pas, Ta force qui m'a portée dans l'épreuve, et Ta miséricorde infinie sans laquelle ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. À Toi reviennent la louange et la gratitude éternelles.

À mes chers parents, Votre amour, vos sacrifices silencieux et votre foi en moi sont les racines de chaque pas que j'ai franchi. Ce mémoire est le fruit de votre patience et de votre soutien inconditionnel.

À ma sœur Wissal, et à mes frères Abderrahmane et Anes, Votre affection, vos encouragements et votre présence ont été mon refuge et ma force dans les moments de doute. Vous avez toujours cru en moi, et ce succès vous revient aussi.

À ma bintôme et amie Wissam, Ta loyauté, ta générosité et ta présence constante ont transformé ce parcours en une aventure inoubliable. Merci d'avoir été cette lumière dans les moments sombres et ce moteur dans les moments de fatigue.

À mes amies d'enfance Choubaïla et Wissam, et à ma cousine et amie Djihane, Votre fidélité, votre écoute et vos gestes d'amitié ont profondément marqué ce chemin. Vous avez été un vrai soutien, sincère et constant, que je n'oublierai jamais.

À mes oncles Fares et Bentaleb Abdellasser, Merci pour vos conseils, votre bienveillance et vos mots pleins de sagesse. Vous avez su m'accompagner avec discrétion et cœur.

À mes enseignants, Votre passion, votre patience et votre engagement ont éveillé en moi l'amour du savoir. Ce travail est en partie le fruit de ce que vous avez semé.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenue, encouragée ou simplement crue capable, Votre présence a fait toute la différence. Ce mémoire vous rend hommage à tous.

*Hamdoudi Chourouk Elimene.*

# Sommaire

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction**.....01

## Chapitre I : Revue bibliographique

<b>1.</b>	<b>Présentation de la plante <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter</b> .....	03
1.1.	Aperçu sur la famille Astéracées .....	03
1.2.	Le genre <i>Dittrichia</i> .....	03
1.3.	Description de l'espèce <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter (Magraman) .....	03
1.3.1.	Morphologie .....	04
1.3.2.	Phénologie .....	06
1.4.	Taxonomie .....	06
1.4.1.	Synonyme .....	06
1.5.	Exigences de croissance .....	07
1.6.	Habitat et répartition géographique .....	08
1.7.	Utilisation traditionnelle .....	09
1.8.	Propriétés biologiques .....	10
1.8.1.	Activité antidiabétique .....	10
1.8.2.	Activité anti-inflammatoire .....	10
1.8.3.	Activité antioxydante .....	11
<b>1.8.4.</b>	<b>Activité antimicrobienne</b> .....	
	<b>11</b>	
1.8.5.	Activité de cicatrisation .....	11
1.8.6.	Effets antipyritiques, antihypertenseurs et vasodilatateurs.....	11
1.8.7.	Effet analgésique .....	12
<b>2.</b>	<b>Les composés phénoliques</b> .....	12
2.1.	Biosynthèse des composés phénoliques .....	13

2.1.1.	La voie de l'acide shikimique .....	13
2.1.2.	Voie de l'acide malonique .....	14
2.2.	Les principales classes des composés phénoliques .....	15
2.2.1.	Composés phénoliques simples .....	15
2.2.2.	Les Polyphénols .....	16
<b>3.</b>	<b>Activités biologiques .....</b>	<b>18</b>
3.1.	Activité antioxydante .....	18
3.1.1.	Le stress oxydatif .....	18
3.1.2.	Les espèces réactives de l'oxygène ERO .....	19
3.1.3.	Les principales espèces réactives de l'oxygène .....	19
3.1.4.	Les dommages causés par le stress oxydant .....	20
3.1.5.	Systèmes antioxydants .....	20
3.1.6.	Activité antioxydante des composés phénoliques .....	21
3.2.	Activité antiinflammatoire .....	22
3.2.1.	Définition de l'inflammation .....	22
3.2.2.	Types d'inflammations .....	23
3.2.3.	Physiopathologie de l'inflammation .....	23
3.2.4.	Propriété anti-inflammatoire des composés phénoliques .....	24
3.3.	Activité antibactérienne .....	25
3.3.1.	La nature de l'activité antibactérienne .....	25
3.3.2.	Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne .....	25
3.3.3.	Activité antibactérienne des composés phénoliques.....	27
<b>4.</b>	<b>Ethnobotanique .....</b>	<b>28</b>
4.1.	Définition .....	28
4.2.	Le développement de l'ethnobotanique à travers le temps.....	28
4.3.	Les méthodes utilisées en ethnobotanique .....	29
4.4.	Intérêt d'ethnobotanique .....	29

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

<b>1.</b>	<b>Enquête (recherche) ethnobotanique.....</b>	<b>30</b>
1.1.	Échantillonnage.....	30
1.2.	Fiche d'enquête.....	31
<b>2.</b>	<b>Evaluation phytochimiques et activités biologiques de l'espèce .....</b>	<b>31</b>
2.1.	Matériel végétale .....	31

2.1.1. Récolte et traitement des du matériel végétal .....	31
2.1.2. Extraction des composés phénoliques .....	32
2.1.3. Détermination du rendement.....	33
2.2. Evaluation phytochimiques.....	33
2.2.1. Dosage des polyphénols totaux .....	33
2.2.2. Dosage des flavonoïdes .....	34
2.3. Activités biologiques.....	34
2.3.1. Activité antioxydante.....	34
2.3.1.1. Test de DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) .....	34
2.3.1.2. Test de FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power) .....	36
2.3.2. Activité anti-inflammatoire.....	37
2.3.3. Activité antibactérienne.....	37
<b>3. Traitement et analyse statistique.....</b>	<b>39</b>

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

<b>1. Etude ethnobotanique.....</b>	<b>40</b>
1.1. Description de la population étudiée.....	40
1.2. Description de la plante étudiée.....	40
<b>2. Rendement d'extraction.....</b>	<b>42</b>
<b>3. Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes.....</b>	<b>43</b>
3.1. Teneur en polyphénols .....	43
3.2 Teneur en flavonoïdes .....	45
<b>4. Les activités biologiques .....</b>	<b>46</b>
4.1. Activité antioxydante .....	46
4.1.1. Test de DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) .....	46
4.1.2. Test de FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power) .....	50
4.2. Activité anti-inflammatoire.....	53
4.3. L'activité antibactérien.....	57
4.3.1. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits testés .....	57
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>62</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>65</b>
<b>Annexes.</b>	

## **Résumé**

*Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, une espèce végétale appartenant à la famille des Astéracées, est reconnue pour son usage traditionnel bien établi en tant que plante médicinale, notamment en Algérie. Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation scientifique rigoureuse de ses propriétés thérapeutiques, en ciblant spécifiquement ses activités antioxydantes, anti-inflammatoires et antibactériennes. Les échantillons de *D. viscosa* ont été récoltés dans la daïra de Hamma Bouziane, située à proximité de la ville de Constantine, en Algérie. Le matériel végétal collecté a fait l'objet d'une analyse phytochimique. Préalablement à toute analyse en laboratoire, une enquête ethnobotanique a été menée. Cette démarche a permis de recueillir des données précieuses sur les connaissances et les applications médicinales traditionnelles de cette plante au sein de la communauté locale. Dans un second temps, l'extraction des composés bioactifs a été réalisée à partir des feuilles et des fleurs de *D. viscosa*. L'analyse quantitative subséquente a révélé que l'extrait de feuilles présentait des teneurs significativement plus élevées en polyphénols totaux et en flavonoïdes par rapport à l'extrait de fleurs. Concernant les propriétés biologiques des extraits, l'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes complémentaires : le test de piégeage du radical DPPH et le pouvoir réducteur (FRAP). Conformément à leurs teneurs en composés phénoliques, l'extrait de feuilles a systématiquement démontré une capacité antioxydante supérieure. De même, l'activité anti-inflammatoire a été déterminée *in vitro* par l'inhibition de la dénaturation de l'albumine sérique bovine (BSA). Là encore, l'extrait de feuilles a montré une inhibition plus prononcée, indiquant une meilleure aptitude à stabiliser les protéines et à moduler les processus inflammatoires. En revanche, l'activité antibactérienne des extraits a été testée contre quatre souches bactériennes cliniquement pertinentes : *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus sp*. Il est important de noter que, contrairement aux activités antioxydante et anti-inflammatoire, l'extrait de fleur a montré l'activité antibactérienne la plus forte, caractérisée par des diamètres d'inhibition significativement plus importants que ceux obtenus avec l'extrait de feuilles. Cependant, il a été observé que les deux types d'extraits manifestaient une activité plus limitée contre les bactéries Gram-négatives, particulièrement *Escherichia coli*. En conclusion, cette investigation confirme le potentiel thérapeutique substantiel de *D. viscosa*, justifiant pleinement son utilisation traditionnelle. Ces résultats soulignent également son intérêt en tant que source prometteuse de molécules bioactives pour le développement de nouvelles applications biomédicales et pharmacologiques.

**Mots clés :** *Dittrichia viscosa*, plante médicinale, composés phénoliques, activités biologiques.

## **Abstract:**

*Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, a plant species belonging to the Asteraceae family, is recognized for its well-established traditional use as a medicinal plant, particularly in Algeria. This study is part of a rigorous scientific Valorization of its therapeutic properties, specifically targeting its antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities. *D. viscosa* samples were collected in the Hamma Bouziane daïra, near the city of Constantine, Algeria. The collected plant material was subjected to phytochemical analysis. Prior to any laboratory analysis, an ethnobotanical survey was carried out. This provided valuable data on the local community's knowledge of the plant and its traditional medicinal applications. Secondly, bioactive compounds were extracted from *D. viscosa* leaves and flowers. Subsequent quantitative analysis revealed that leaf extract contained significantly higher levels of total polyphenols and flavonoids than flower extract. Concerning the biological properties of the extracts, antioxidant activity was assessed by two complementary methods: the DPPH radical scavenging test and reducing power (FRAP). In line with their phenolic compound content, leaf extract consistently demonstrated superior antioxidant capacity. Similarly, anti-inflammatory activity was determined *in vitro* by inhibiting the denaturation of bovine serum albumin (BSA). Here again, leaf extract showed a more pronounced inhibition, indicating a better ability to stabilize proteins and modulate inflammatory processes. In contrast, the antibacterial activity of the extracts was tested against four clinically relevant bacterial strains: *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus sp.* Importantly, in contrast to antioxidant and anti-inflammatory activities, flower extract showed the strongest antibacterial activity, characterized by significantly larger inhibition diameters than those obtained with leaf extract. However, both types of extract were found to have more limited activity against Gram-negative bacteria, particularly *Escherichia coli*. In conclusion, this investigation confirms the substantial therapeutic potential of *D. viscosa*, fully justifying its traditional use. These results also underline its interest as a promising source of bioactive molecules for the development of new biomedical and pharmacological applications.

**Key words:** *Dittrichia viscosa*, medicinal plant, phenolic compounds, biological activities.

## ملخص:

نوع نباتي ينتمي إلى العائلة النجمية، معروف باستخدامه التقليدي الراسخ كنبات طبي، خاصة في الجزائر. هذه الدراسة هي جزء من التمهين العلمي لخصائصه العلاجية، وتستهدف على وجه التحديد نشاطاته المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات والبكتيريا. جُمعت عينات من نبتة *D. viscosa* في منطقة حامة بوزيان بالقرب من مدينة قسنطينة بالجزائر. خضعت العينات النباتية التي تم جمعها لتحليل فيتوكيميائي. وقبل إجراء أي تحليل مخبري، تم إجراء مسح عرقي نباتي. وقد وفر ذلك بيانات قيمة عن معرفة المجتمع المحلي بالنبات واستعمالاته الطبية التقليدية. ثانياً، تم استخلاص مركبات نشطة بيولوجياً من أوراق وأزهار نبات *D. viscosa*. وكشف التحليل الكمي أن مستخلص الأوراق تحتوى على مستويات أعلى بكثير من إجمالي مركبات الوليفينول والفالفونويد من مستخلص الأزهار. وفيما يتعلق بالخصائص البيولوجية للمستخلصات، تم تقييم نشاطها المضاد للأكسدة باستخدام طريقتين متكاملتين: اختبار تثبيط الجذر DPPH وختبار القوة المختزلة (FRAP). تماشياً مع محتواها من المركبات الفينولية، أظهر مستخلص الأوراق بشكل معنير قردة فائقة على مقاومة الأكسدة. وبالمثل، تم تحديد النشاط المضاد للالتهابات في المختبر عن طريق تثبيط تغير بنية زلال مصل البقر (BSA). هنا مرة أخرى، أظهر مستخلص الأوراق تثبيطاً أكثر وضوحاً، مما يشير إلى قدرة أكبر على تثبيط البروتينات وتعديل العمليات الالتهابية. في المقابل، تم اختبار النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصات ضد أربع سلالات بكتيرية ذات صلة سريرياً: *Staphylococcus aureus* ، *Escherichia coli* ، *Pseudomonas aeruginosa* و *Bacillus sp* من المهم ملاحظة أنه، على النقيض من الأنشطة المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات، أظهر مستخلص الأزهار أقوى فعالية مضادة للبكتيريا، حيث تميز بأقطار تثبيط أكبر بكثير من تلك التي تم الحصول عليها مع مستخلص الأوراق. ومع ذلك، وُجد أن كلا النوعين من المستخلصات كان لهما نشاط محدود ضد البكتيريا سالبة الجرام، وخاصة *Escherichia coli*. في الختام، يؤكد هذا البحث على الإمكانيات العلاجية الكبيرة لنبات *D. viscosa*، مما يبرر تماماً استخدامه التقليدي. كما تسلط هذه النتائج الضوء على أهميته كمصدر واعد للجزيئات النشطة بيولوجياً لتطوير تطبيقات طبية حيوية ودوائية جديدة.

**الكلمات المفتاحية:** *Dittrichia viscosa* ، نبات طبي، مركبات فينولية، أنشطة بيولوجية

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 01.</b>	Classification taxonomique de <i>D. viscosa</i> selon l'APG III (2009) ...	06
<b>Tableau 02.</b>	Exigences de croissance de <i>D. viscosa</i> selon les conditions édaphiques et climatiques.....	07
<b>Tableau 03.</b>	Applications ethnomédicales de <i>D. viscosa</i> .....	09
<b>Tableau 04.</b>	Les principales espèces réactives de l'oxygène.....	20
<b>Tableau 05.</b>	Caractéristiques de la région de récolte de <i>D. viscosa</i> . (Météo et climat : Hamma Bouziane (Algérie, 2024) .....	31
<b>Tableau 06.</b>	Test d'homogénéité des variances (DPPH).....	48
<b>Tableau 07.</b>	Groupes homogènes selon le test de S-N-K (DPPH).....	49
<b>Tableau 08.</b>	Test d'homogénéité des variances (FRAP).....	52
<b>Tableau 09.</b>	Groupes homogènes selon le test de S-N-K (FRAP).....	52
<b>Tableau 10.</b>	Test d'homogénéité des variances (anti-inflammatoire) .....	55
<b>Tableau 11.</b>	Groupes homogènes selon le test de S-N-K (anti-inflammatoire) ...	56

## Liste des figures

---

<b>Figure 01.</b>	Représentation des différentes structures morphologiques de <i>D. viscosa</i> .....	05
<b>Figure 02.</b>	Répartition géografique de l'espèce <i>D. viscosa</i> .....	08
<b>Figure 03.</b>	Classification simplifiée des composés phénoliques.....	12
<b>Figure 04.</b>	Schéma simplifié des voies métaboliques reliant métabolites primaires et secondaires.....	14
<b>Figure 05.</b>	(a) Structure du Phénol, (b) Structure du Catéchol.....	15
<b>Figure 06.</b>	(a) structure chimique d'acide salicylique, (b) structure chimique d'acide caféïque.....	15
<b>Figure 07.</b>	Structure de base des flavonoïdes.....	16
<b>Figure 08.</b>	Structure des flavonoïdes.....	16
<b>Figure 09.</b>	Structure de trois monolignols usuels.....	17
<b>Figure 10.</b>	Structure du noyau coumarinique.....	17
<b>Figure 11.</b>	Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condenses.	18
<b>Figure 12.</b>	La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants	18
<b>Figure 13.</b>	Principales sources des radicaux libres.....	19
<b>Figure 14.</b>	Schéma illustrant les différentes étapes d'extraction.....	32
<b>Figure 15.</b>	Réduction du radicale DPPH en DPPH-H.....	35
<b>Figure 16.</b>	Mécanisme réactionnel du test Pouvoir réducteur (FRAP) ...	36
<b>Figure 17.</b>	Caractéristiques socio-démographiques des répondants.....	40
<b>Figure 18.</b>	Synthèse des usages ethnobotaniques de <i>D. viscosa</i> .....	41
<b>Figure 19.</b>	Rendement des extraits de feuilles et de fleurs.....	42
<b>Figure 20.</b>	Quantification des polyphénols totaux dans les extraits végétaux.....	44

<b>Figure 21.</b>	Quantification des flavonoïdes dans les extraits végétaux.....	45
<b>Figure 22.</b>	Courbes des pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration des extraits.....	47
<b>Figure 23.</b>	Histogramme représentant les valeurs des CI50 des extraits et standards obtenus par le test DPPH.....	48
<b>Figure 24.</b>	Pouvoir antioxydant réducteur (FRAP) des extraits hydroalcooliques de feuilles et de fleurs de <i>D. viscosa</i> .....	51
<b>Figure 25.</b>	Concentration correspondant $A_{0.5}$ des extraits de <i>D. viscosa</i> et d'acide ascorbique.....	52
<b>Figure 26.</b>	Évaluation de l'activité anti-inflammatoire par inhibition de la dénaturation de la BSA.....	54
<b>Figure 27.</b>	Histogramme représentant les valeurs des CI50 des extraits et standards obtenus par l'activité anti-inflammatoire.....	55
<b>Figure 28.</b>	L'activité antibactérienne des extraits de <i>D. viscosa</i> contre <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	58
<b>Figure 29.</b>	L'activité antibactérienne des extraits de <i>D. viscosa</i> contre <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Bacillus sp</i> .....	59

## Liste des abréviations

---

**ADN** : Acide DésoxyriboNucléique

**AH** : Acide Hautriwaïque

**AINS** : Les anti-inflammatoires non stéroïdiens

**AIS** : Les anti-inflammatoires stéroïdiens

**AlCl<sub>3</sub>** : Chlorure d'aluminium

**bHLH** : Facteur de transcription de type boucle hélice de base (basic Helix-Loop-Helix)

**BHT** : Hydroxytoluène butylé

**BSA** : Sérum albumine Bovine

**CAT** : Catalase

**CMB** : Concentration minimale bactéricide

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice

**D. viscosa** : *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde

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

**EQAG** : Equivalent acide gallique

**EQAG** : équivalent acide gallique

**EQR** : Equivalent rutine

**EQR** : équivalent rutine

**ERO** : Les espèces réactives de l'oxygène

**Ext** : Extrait

**FeCl<sub>3</sub>** : Chlorure ferrique

**FRAP** : Pouvoir antioxydant de réduction du fer

**G6PD** : Glucose-6-Phosphate Déshydrogénase

**GPx** : Glutathion peroxydase

**H3PMo12O40** : Acide phosphomolybdique

**H3PW12O40** : Acide phosphotungstique

**HPLC** : Chromatographie liquide haute performance

**IC50** : Concentration inhibitrice à 50 %

**iNOS** : Oxyde nitrique synthase inducible

**K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>** : Hydrogénophosphate de potassium

**K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub>** : Hexacyanoferate de potassium

**L-NAME** : Méthylester de N(G)-nitro-L-arginine

**LPS** : Lipopolysaccharide

**MYB** : Facteur de transcription MYB (Myeloblastosis)

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

**NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>** : Dihydrogénophosphate de sodium

**NF-κB** : Facteur nucléaire kappa B des cellules B actives

**NO** : Oxyde nitrique

**-OH** : groupements hydroxyle

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**PAL** : phénylalanine ammonia-lyase

**PEP** : Phosphoénolpyruvate

**Rdt** : Rendement d'extraction

**Rdt** : Rendement

**RO<sup>·</sup>** : Radicaux alkoxyles

**RONS** : Espèces Réactives de l'Oxygène et de l'Azote

**ROO<sup>·</sup>** : Radical peroxyde

**ROS** : Espèces Réactives de l'Oxygène

**Sig** : Signification

**S-N-K** : Test Student–Newman–Keuls

**SOD** : Superoxyde dismutase

**SPM** : Médiateurs spécialisés de la résolution

**TCA** : Acide trichloroacétique

**TEK** : Savoirs écologiques traditionnels

**UV** : Ultraviolet

**WRKY** : Famille de facteurs de transcription végétaux contenant le domaine WRKY



# Introduction

La médecine traditionnelle constitue un patrimoine immatériel d'une grande richesse, reposant sur un ensemble de connaissances, de compétences et de pratiques issues de théories, de croyances et d'expériences propres à chaque culture. Ce système de soins ancestral est utilisé pour maintenir la santé, prévenir, diagnostiquer et traiter un large éventail de maladies physiques et mentales (Hemmami *et al.*, 2023).

Au cœur de cette tradition, les plantes médicinales occupent une place essentielle depuis l'Antiquité. Elles sont reconnues pour leurs vertus thérapeutiques, notamment pour soulager la douleur, favoriser la cicatrisation et traiter divers troubles de santé (Benkhnigue *et al.*, 2010). Bien que la médecine moderne ait considérablement progressé, le recours aux plantes médicinales demeure largement répandu, en particulier dans les pays en voie de développement, où elles représentent souvent une alternative accessible et culturellement enracinée aux traitements conventionnels (Hamel *et al.*, 2018).

En Algérie, les plantes médicinales occupent une place centrale dans les traditions culturelles et sanitaires, où elles sont utilisées depuis des générations pour traiter une grande variété de maladies. La diversité géographique du pays (côtes, montagnes, steppes, Sahara) se reflète dans la richesse de la flore médicinale et dans la transmission des savoirs traditionnels, souvent oraux, au sein des différentes communautés (Sakhraoui *et al.*, 2020).

Cette diversité floristique, enrichie par un héritage culturel ancien, constitue un cadre favorable à l'étude et à la valorisation des plantes médicinales locales. Parmi celles-ci, *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, une espèce appartenant à la famille des Astéracées, occupe une place de choix en raison de ses multiples usages traditionnels. Utilisée depuis longtemps en médecine populaire, cette plante est reconnue pour ses diverses propriétés thérapeutiques, incluant notamment des effets anti-inflammatoires, anticancéreux, antiulcéreux, antiviraux et antiparasitaires (Bentarhlia *et al.*, 2024).

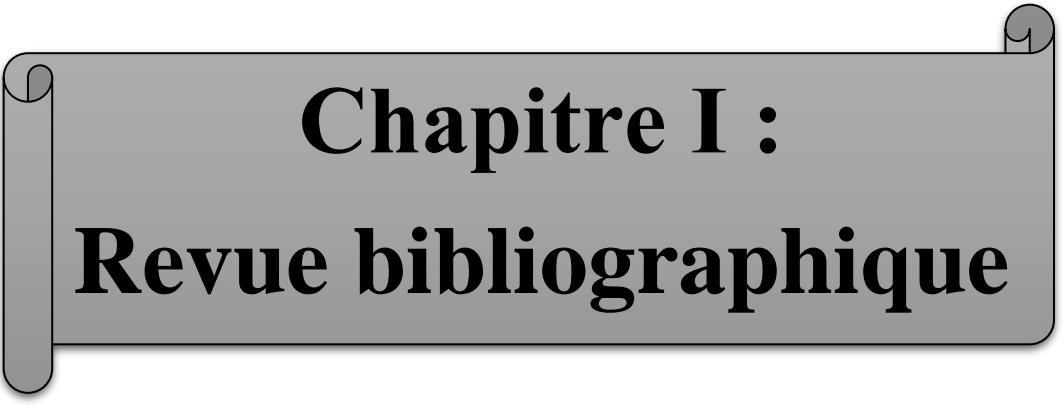
Afin de contribuer à la valorisation de *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, plante largement employée dans la médecine traditionnelle algérienne, d'explorer de nouvelles avenues pour la recherche pharmaceutique à partir de plantes spontanées, et de confirmer ou d'infirmer certaines de ses vertus thérapeutiques traditionnellement rapportées, notre approche a initialement reposé sur une enquête ethnobotanique approfondie menée dans la région d'étude. Cette investigation préliminaire visait à recenser les diverses utilisations locales de la plante, les parties spécifiques employées à des fins médicinales, ainsi que les affections traditionnellement traitées par son usage. Forts de ces informations, nous avons ensuite réalisé

une étude comparative des activités antioxydante, anti-inflammatoire et antibactérienne des extraits hydro-alcooliques obtenus à partir de ses feuilles et de ses fleurs.

Notre manuscrit est scindé en trois chapitres :

- Chapitre 1 : Étude bibliographique. Il offre un aperçu général de l'espèce étudiée, explore en détail les composés phénoliques et met en lumière leurs diverses activités biologiques.
- Chapitre 2 : Approche expérimentale. Il expose la méthodologie de notre travail. Il se divise en deux sections distinctes : la première section présente une enquête ethnobotanique rigoureusement structurée à travers un questionnaire précis ; la seconde section détaille le matériel biologique employé ainsi que le protocole expérimental suivi tout au long de cette étude.
- Chapitre 3 : Résultats et discussion. Il est dédié à la présentation exhaustive des résultats obtenus. Il propose ensuite une analyse approfondie et une discussion critique de ces données au regard des connaissances actuelles.

En guise de conclusion, nous fournirons une synthèse des principaux constats de cette étude, suivie d'une perspective sur les opportunités de recherche futures qu'elle permet d'envisager.



# **Chapitre I :**

# **Revue bibliographique**

## **1. Présentation de la plante *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter**

### **1.1. Aperçu sur la famille Astéracées**

La famille des Astéracées, l'une des plus vastes du règne végétal, regroupe environ 24 000 espèces réparties dans divers habitats à travers le monde (Michel *et al.*, 2020). Cette famille inclut principalement des plantes herbacées, ainsi que quelques arbustes et arbres (Ghazal, 2019). Elle se distingue par ses fleurs colorées et sa capacité à s'adapter à divers environnements climatiques. Cette famille se subdivise en trois sous-familles : les Astéroïdées, les Barnadesioïdées et les Cichorioïdées (Michel *et al.*, 2020). Parmi les espèces les plus étudiées, on peut citer l'absinthe (*Artemisia absinthium*) et l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), qui sont reconnues pour leurs propriétés bioactives. Cette caractéristique fait de cette famille un sujet d'intérêt pour la recherche pharmaceutique et phytochimique (Bessada *et al.*, 2015).

### **1.2. Le genre *Dittrichia***

Le genre *Dittrichia*, qui appartient à la famille des Astéracées, comprend principalement deux espèces : *D. graveolens* et *D. viscosa*. Bien que d'autres taxons aient été décrits (tels que *D. revoluta*, *D. orientalis* et *D. maritima*), leur statut taxonomique fait parfois l'objet de débats et leur reconnaissance n'est pas universellement acceptée (Brullo *et al.*, 2000). *D. viscosa*, autrefois classée dans le genre *Inula*, a été reclassée dans *Dittrichia* suite à des études phylogénétiques (Ciccarelli, 2007). Ce genre se distingue par son potentiel médicinal attribué à sa richesse en composés phytochimiques bioactifs. De nombreuses études ont permis d'identifier la présence de divers composés, dont certains présentent des propriétés pharmacologiques prometteuses pour le traitement de diverses affections.

### **1.3. Description de l'espèce *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter (Magraman)**

*Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, (*D. viscosa*) plante herbacée vivace caractéristique des milieux rudéraux méditerranéens, joue un rôle écologique notable en tant que ressource trophique pour les larves de lépidoptères, leur fournissant la sève essentielle à leur développement (Alomar *et al.*, 2002 ; Perdikis *et al.*, 2008). Dans son aire de répartition naturelle, cette espèce constitue un habitat pour des prédateurs efficaces, auxiliaires précieux dans la régulation des populations de ravageurs des cultures (Franco-Micán *et al.*, 2010 ; Ingegno *et al.*, 2011). Par conséquent, son intégration dans certains agroécosystèmes méditerranéens a été envisagée pour limiter les dommages causés par ces ravageurs (Perdikis *et al.*, 2007). *D. viscosa* présente ainsi un intérêt certain pour la conservation de la biodiversité, en favorisant la présence

de ces prédateurs. Sa capacité à attirer et nourrir les larves d'insectes prédateurs, combinée à sa tolérance aux stress environnementaux, la rend potentiellement utile pour la lutte biologique dans la région méditerranéenne. Toutefois, sa robustesse et sa présence dans les milieux perturbés lui confèrent un potentiel invasif (Sinden *et al.*, 2004 ; Dpipwe, 2011). Par conséquent, son utilisation en lutte biologique devrait être strictement encadrée et limitée à son aire d'origine, la région méditerranéenne, un espace agricole millénaire.

### **1.3.1. Morphologie : (Reeb, 2010)**

- Port et cycle de vie**

*D. viscosa* est une plante vivace, à racine pivotante, l'inule visqueuse est dressée, d'assez grande taille (jusqu'à 1,50 mètre) et peut former d'assez vastes populations.

- Appareil végétatif**

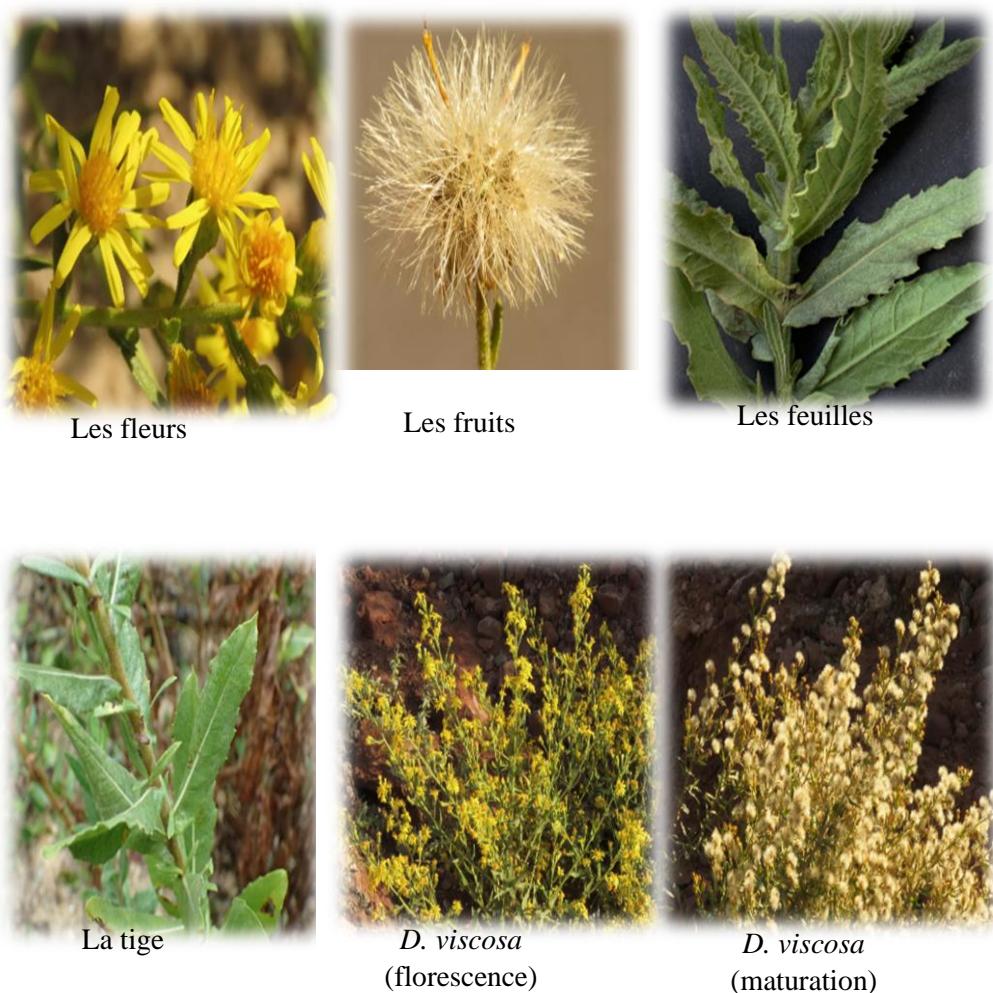
Ses tiges sont assez ramifiées et pourvues d'un feuillage dense. Avec l'âge, elles deviennent ligneuses et foncées à la base. La plante est collante et très odoriférante, à odeur de camphre. Les feuilles, alternes, allongées à lancéolées, sont insérées directement sur la tige, sans pétioles. La base du limbe des feuilles de la tige semble l'entourer partiellement (feuilles embrassantes). Leur marge est lisse ou dentée, et le sommet aigu. Toute la plante est couverte de poils glanduleux qui libèrent une résine odoriférante et collante. Il convient de noter que les racines peuvent présenter une importance significative, même chez les petites plantes. En effet, la longueur spécifique des racines s'établit à environ 116 cm/g, tandis que le rapport entre la biomasse souterraine et la biomasse aérienne est de 0,24 (Stavrianakou *et al.*, 2006). Il convient de noter, par ailleurs, l'absence de tubercule à la base.

- Fleur**

Comme chez toutes les Astéracées, les fleurs sont regroupées en capitules (d'environ 10-20 mm de diamètre), entourées par un involucre de bractées, qui peuvent être en partie membraneuses et ciliées. Chez *D. viscosa*, on trouve deux types de fleurs : des fleurs à pétales soudés en languettes jaunes (fleurs ligulées), à l'extérieur du capitule, et des fleurs en tubes (fleurs tubulées), jaune orangé, au centre du capitule. Les fleurs en languettes dépassent assez franchement l'involucre. Les étamines sont accolées par leurs anthères, on ne peut les voir correctement qu'à travers une petite loupe. L'ovaire, infère, se trouve sous les pièces florales. Les capitules sont groupés eux-mêmes en pannicule assez dense : ils sont portés par des ramifications nombreuses de la tige principale, l'ensemble ayant une forme

grossièrement pyramidale. Les fruits secs, un peu ovoïdes, sont surmontés par une petite aigrette jaunâtre de soies denticulées.

*D. viscosa* est bien connue pour sa forte odeur (Wang *et al.*, 2004). Les jeunes tiges et feuilles sont couvertes de poils glandulaires qui exsudent une huile collante et très odorante. Les feuilles possèdent de longs poils protecteurs, de nombreux poils glandulaires et des complexes stomatiques sur les faces abaxiale et adaxiale (Nikolakaki et Christodoulakis, 2004). La densité des poils glandulaires est en moyenne de 14 poils/mm sur la surface abaxiale de la feuille, et de 11 poils/mm sur la surface adaxiale (Stavrianakou *et al.*, 2006). Les poils protecteurs ont des structures complexes et sécrètent tout au long de la vie de la feuille, les poils glandulaires sécrètent des lipides, des polysaccharides et des protéines (Omezzine *et al.*, 2011).



**Figure 01.** Représentation des différentes structures morphologiques de *D. viscosa*, (tela-botanica.org ,2024 ; teline.fr, 2013).

### **1.3.2. Phénologie : (Parolin *et al.*, 2013 ; 2014)**

*D. viscosa* commence à germer à la fin du mois de mars ou en avril (début du printemps). La croissance principale est achevée en mai, et l'accumulation d'amidon dans la plante entière prend fin en juin. Une période de croissance secondaire a lieu en octobre/novembre (automne) et les feuilles tombent en décembre (hiver). Fin juillet (été), la présence de bourgeons floraux a été observée. À partir de septembre, la floraison et la fructification sont initiées. La période de floraison s'étend de la fin du mois d'août à la mi-octobre, marquant la fin de la saison chaude. La maturation des fruits s'étend de novembre à décembre, et leur dispersion se fait par le vent, comme l'ont observé.

### **1.4. Taxonomie**

*D. viscosa*, selon le système de classification APG III (2009), fait partie de la famille des Asteraceae, dans l'ordre des Asterales. Cette plante est classée parmi les eudicotylédones, un groupe qui inclut de nombreuses espèces dicotylédones, et se distingue par ses inflorescences en capitules caractéristiques des plantes de cette famille.

**Tableau 01.** Classification taxonomique de *D. viscosa* selon l'APG III (2009).

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Clade</b>	Spermatophytes
<b>Clade</b>	Angiospermes
<b>Clade</b>	Eudicotylédones
<b>Clade</b>	Dicotylédones Vraies Supérieures
<b>Clade</b>	Asteridees
<b>Clade</b>	Campanulidees
<b>Ordre</b>	Asterales
<b>Famille</b>	Asteraceae
<b>Genre</b>	<i>Dittrichia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Dittrichia viscosa</i>

### **1.4.1. Synonyme**

D'après Brullo et de Marco (2000), la *D. viscosa* est connue également sous les noms suivants :

*Inula viscosa* L. , *Cupularia viscosa* G. , *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter , *Erigeron viscosa* L. , *Solidago viscosa* L. , *Paniopsis viscosum* Raf. , *Pulicaria viscosa* L..

## 1.5. Exigences de croissance

D'après Juvle (2024), *D. viscosa* présente une grande tolérance aux conditions édaphiques et climatiques variées, notamment dans les régions méditerranéennes. Le tableau suivant illustre les conditions favorables à sa croissance.

**Tableau 02.** Exigences de croissance de *D. viscosa* selon les conditions édaphiques et climatiques, (Julve, 2024).

Conditions édaphiques	
Elément	Caractéristiques
<b>Texture</b>	La <i>D. viscosa</i> prospère dans les sols argileux, démontrant sa robustesse et son adaptation à des conditions difficiles.
<b>pH</b>	La <i>D. viscosa</i> préfère les sols basiques, mais s'adapte aux sols légèrement acides. Cette tolérance aux sols alcalins est typique des plantes méditerranéennes.
<b>Humidité</b>	La <i>D. viscosa</i> s'adapte aux sols humides et secs, reflétant sa résilience aux variations hydriques méditerranéennes.
<b>Salinité</b>	La <i>D. viscosa</i> tolère la salinité, lui permettant de croître dans des environnements salins, élargissant ainsi son potentiel à des écosystèmes difficiles.
<b>Matière organique</b>	La <i>D. viscosa</i> s'adapte aux sols riches et pauvres en matière organique, ce qui la rend polyvalente dans divers contextes écologiques.
<b>Nutriments</b>	La <i>D. viscosa</i> est résistante aux sols pauvres en nutriments, ce qui la rend idéale pour la restauration des sols dégradés.
Conditions climatiques	
Elément	Caractéristiques
<b>Lumière</b>	La <i>D. viscosa</i> est une plante héliophile typiquement méditerranéenne, adaptée aux climats chauds et secs avec une exposition directe au soleil.
<b>Humidité atmosphérique</b>	La <i>D. viscosa</i> s'adapte aux climats humides et secs, tolérant des sécheresses modérées grâce à sa capacité d'acclimatation aux précipitations irrégulières.
<b>Température</b>	La <i>D. viscosa</i> est adaptée aux climats chauds méditerranéens et subtropicaux, résistant aux vagues de chaleur prolongées.
<b>Continentalité</b>	La <i>D. viscosa</i> prospère dans les climats continentaux à fortes variations saisonnières, démontrant sa robustesse et son adaptabilité.

### 1.6. Habitat et répartition géographique

*D. viscosa*, espèce pionnière, colonise principalement les pentes montagneuses, les lits de rivières graveleux et les scories volcaniques, s'établissant occasionnellement dans les sols sablonneux et les rivages rocheux, ainsi que de manière secondaire sur les murs, les champs abandonnés et les bords de route (Jerada *et al.*, 2024). Cette plante prospère dans les zones à faible compétition végétale et présente une large distribution géographique, centrée sur la région méditerranéenne (Maroc, Tunisie, Algérie, Albanie, ex-Yougoslavie, Italie, France, Espagne, Portugal, Sicile, Corse, Sardaigne et îles Baléares), avec des occurrences sporadiques en Grèce et en Bulgarie, et également en Asie (Chine, Japon, Corée) (Ramli, 2013 in Moussi et Zerrouki, 2022).



**Figure 02.** Répartition géographique de l'espèce *D. viscosa*, (worldwaterforum.org 2012).

### 1.7. Utilisation traditionnelle

Selon Jerada *et al.* (2024), *D. viscosa* est traditionnellement employée en ethnomédecine pour traiter une large gamme d'affections, notamment dans les régions méditerranéennes et en Afrique du Nord. Toutefois, son utilisation varie considérablement en fonction de la localisation géographique, des pratiques locales et de la partie spécifique de la plante utilisée.

**Tableau 03.** Applications ethnomédicales de *D. viscosa*.

Partie utilisée	Mode de préparation	Maladies traitées	Pays	
Feuilles	Cataplasme (Poudre)	Douleurs rhumatismales et céphalées	Algérie	(Jerada <i>et al.</i> , 2024)
		Cicatrisation des plaies et brûlures	Maroc	(Aziz et Lotfi, 2018)
	Décoction	Diabète Maladies cardiaques et antihypertension	Maroc	(Douira et Zidane, 2015)
Feuilles et tiges	Infusion	Diabète	Algérie	(Jerada <i>et al.</i> , 2024)
Feuilles et racines	Décoction	Insecticide végétal, antitussif	Maroc	(Tahri <i>et al.</i> , 2012)
Fleurs	Décoction	Anthelminthique, contre le cancer du poumon, relaxant musculaire	La Jordanie	(Jerada <i>et al.</i> , 2024)
	Décoction, huile essentielle	Maladies respiratoires, blessures, callosités, fractures et contusions	Espagne	(Benítez <i>et al.</i> , 2010)
Fleurs et feuilles	Décoction	Maladies gastro-intestinales, Diarrhée	Algérie	(Kaci <i>et al.</i> , 2022)
	Infusion	Mal de tête		
Partie aérienne	Décoction	Diabète, hypertension et maladies rénales	Maroc	(Zeggwagh <i>et al.</i> , 2006)
Partie aérienne	Application directe	Hémostase	Italie	(Passalacqua <i>et al.</i> , 2007)
Plante entière	Infusion	Anthelminthique, pour les troubles pulmonaires,	La Jordanie	(Al-Qura'n, 2009)

## **1.8. Propriétés biologiques**

### **1.8.1. Activité antidiabétique**

Les études menées sur *D. viscosa* ont mis en évidence le potentiel antidiabétique de ses extraits. Ces derniers démontrent une capacité d'inhibition des enzymes  $\alpha$ -amylase et  $\alpha$ -glucosidase impliquées dans la régulation de la glycémie postprandiale (Jerada *et al.*, 2024). Plus précisément, les extraits méthanoliques de feuilles de *D. viscosa* exercent un effet inhibiteur significatif sur ces enzymes, avec des concentrations inhibitrices médianes (IC50) de 1,381 mg/ml pour l' $\alpha$ -amylase et de 0,118 mg/ml pour l' $\alpha$ -glucosidase. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus avec l'acarbose, un médicament de référence (Mrid *et al.*, 2022). De plus, les extraits méthanoliques de différentes parties de la plante, notamment les fleurs et les feuilles, présentent une activité antidiabétique accrue (Orhan *et al.*, 2017). Par ailleurs, l'identification de la tomentosine, une lactone sesquiterpénique, comme composé actif de *D. viscosa* (Aydin *et al.*, 2022) suggère un mécanisme d'action potentiel pour expliquer les propriétés antidiabétiques de la plante. En outre, des recherches récentes (Jerada *et al.*, 2024) indiquent que *D. viscosa* pourrait constituer une source prometteuse de composés antidiabétiques, son activité hypoglycémiante semblant indépendante de la sécrétion d'insuline.

### **1.8.2. Activité anti-inflammatoire**

Des recherches approfondies ont mis en évidence les propriétés anti-inflammatoires remarquables des extraits de *D. viscosa*. Ces extraits ont démontré une capacité significative à inhiber l'enzyme élastase, une protéase impliquée dans la dégradation des protéines tissulaires et contribuant ainsi à l'inflammation (Rhimi *et al.*, 2022). Cette inhibition de l'élastase suggère un potentiel thérapeutique dans la gestion des maladies inflammatoires chroniques.

De plus, ces observations ont été corroborées par des études *in vivo* utilisant des modèles murins, confirmant l'efficacité de *D. viscosa* dans la réduction de l'inflammation (Mssillou *et al.*, 2022). Les mécanismes sous-jacents à cette activité anti-inflammatoire pourraient impliquer la modulation de voies de signalisation inflammatoires clés, telles que la voie NF- $\kappa$ B et la production de cytokines pro-inflammatoires (Bouyahya *et al.*, 2017).

Par ailleurs, des études ont révélé que les composés phénoliques et flavonoïdes présents dans *D. viscosa* jouent un rôle crucial dans ses propriétés anti-inflammatoires en inhibant la production de médiateurs inflammatoires tels que les prostaglandines et les leucotriènes (Haddad *et al.*, 2019).

### **1.8.3. Activité antioxydante**

Les expériences effectuées sur les propriétés antioxydantes de *D. viscosa* révèlent une activité significative, bien que variable en fonction des parties de la plante et des méthodes d'extraction utilisées (Jerada *et al.*, 2024). Des recherches approfondies ont démontré que les feuilles, les fleurs et les parties aériennes de *D. viscosa* présentaient une activité antioxydante notable, attribuable à leur richesse en polyphénols et en flavonoïdes. Cependant, cette activité est généralement inférieure à celle des antioxydants de référence tels que le BHT, l'acide ascorbique ou la quercétine (Mahmoudi *et al.*, 2016).

### **1.8.4. Activité antimicrobienne**

Selon les études précédentes, *D. viscosa* présente une activité antibactérienne significative contre diverses bactéries Gram-positives et Gram-négatives (Jerada *et al.*, 2024 ; El Ouardy *et al.*, 2021). Cette activité est attribuée à la présence de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les terpénoïdes et les composés phénoliques, qui ont démontré leur capacité à inhiber la croissance bactérienne (Bouyahya *et al.*, 2017).

De plus, *D. viscosa* possède une activité antifongique notable contre un large éventail de champignons pathogènes (Eddardaki *et al.*, 2024 ; Mechchate *et al.*, 2021). Les extraits de cette plante ont montré une efficacité contre des espèces telles que *Candida albicans*, *Aspergillus niger* et *Fusarium oxysporum*, ce qui suggère un potentiel thérapeutique dans le traitement des infections fongiques (El Ouardy *et al.*, 2019).

### **1.8.5. Activité de cicatrisation**

Les recherches menées ont démontré l'efficacité de l'extrait de *D. viscosa* dans le processus de cicatrisation des plaies. Les résultats de ces études ont révélé que l'application de cet extrait a conduit à une fermeture complète de la plaie dans 99,28 % des cas (Mssillou *et al.*, 2022). De plus, des analyses histologiques approfondies ont confirmé des résultats prometteurs en termes de régénération tissulaire. Ainsi, *D. viscosa* semble posséder un potentiel thérapeutique significatif dans le domaine de la régénération des tissus (Khalil *et al.*, 2007).

### **1.8.6. Effets antipyrrétiques, antihypertenseurs et vasodilatateurs**

*D. viscosa* présente des effets antipyrrétiques, antihypertenseurs et vasodilatateurs, confirmés par diverses études (Jerada *et al.*, 2024). L'extrait méthanolique, administré à des rats fébriles, a réduit significativement leur température corporelle, démontrant ainsi une activité antipyrrétique efficace (Ouahchia *et al.*, 2020).

En ce qui concerne l'hypertension, l'extrait aqueux a contré l'augmentation de la pression artérielle induite par le L-NAME. Par ailleurs, des tests sur des cœurs isolés ont révélé une action inotrope négative dose-dépendante, suggérant une contribution à la réduction de la pression artérielle (Kattouf *et al.*, 2009). Enfin, l'extrait méthanolique a démontré un effet vasodilatateur endothélium-dépendant, ce qui renforce son potentiel thérapeutique dans la gestion des troubles cardiovasculaires (Hakkou *et al.*, 2017).

### 1.8.7. Effet analgésique

Des études ont démontré que les extraits de *D. viscosa* et ses composés bioactifs possèdent des propriétés analgésiques significatives, se traduisant par une réduction notable des contractions abdominales chez les rongeurs. Il a été observé que les extraits de feuilles, administrés à des doses élevées, sont particulièrement efficaces (Ouahchia *et al.*, 2020).

## 2. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires des plantes, caractérisés par des cycles aromatiques avec des groupes hydroxyles. Ils représentent un groupe important de phytochimiques, avec environ 8 000 molécules réparties en plusieurs classes (Stalikas, 2007). Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes et sont produits en réponse au stress, comme les infections, les blessures ou l'exposition aux UV (Macheix *et al.*, 2005).

Ils jouent un rôle dans des processus physiologiques tels que la croissance cellulaire, la formation des racines, la germination des graines et la maturation des fruits. Les anthocyanes, flavonoïdes et tannins sont les plus courants. Ces molécules sont stockées dans les vacuoles des cellules épidermiques, et leur distribution dans les plantes n'est pas uniforme (Labbani, 2021).

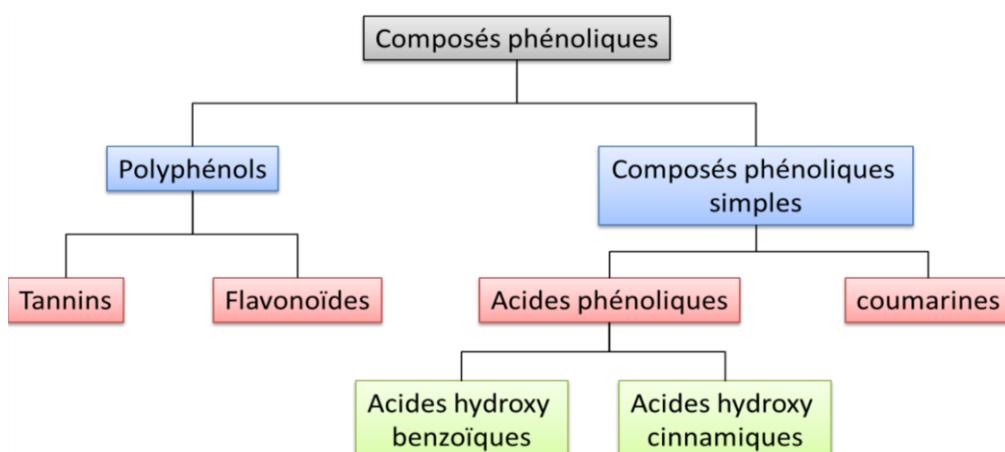


Figure 03. Classification simplifiée des composés phénoliques, (Laguna, 2019).

## **2.1. Biosynthèse des composés phénoliques**

Il existe deux voies métaboliques principales impliquées dans la biosynthèse des composés aromatiques et des métabolites secondaires chez les plantes et d'autres organismes : la voie de l'acide shikimique et la voie des polycétides (Dewick, 2002).

### **2.1.1. La voie de l'acide shikimique**

- **Synthèse des acides aminés aromatiques**

La biosynthèse des acides aminés aromatiques, tels que la phénylalanine et la tyrosine, est une voie métabolique essentielle chez les plantes, dérivée de l'acide shikimique. Cette voie débute par la condensation du phosphoénolpyruvate (PEP) avec l'érythrose-4-phosphate, conduisant à la formation de l'acide shikimique après une série de réactions enzymatiques (Merghem, 2009).

L'acide shikimique réagit ensuite avec une autre molécule de PEP pour former l'acide préphénique, un intermédiaire clé. L'acide préphénique subit ensuite des transformations, notamment la décarboxylation et la déshydratation, pour produire l'acide phénylpyruvique. Cet acide, caractérisé par un noyau aromatique et une chaîne latérale en C3, est le précurseur direct de la phénylalanine et de la tyrosine (Merghem, 2009).

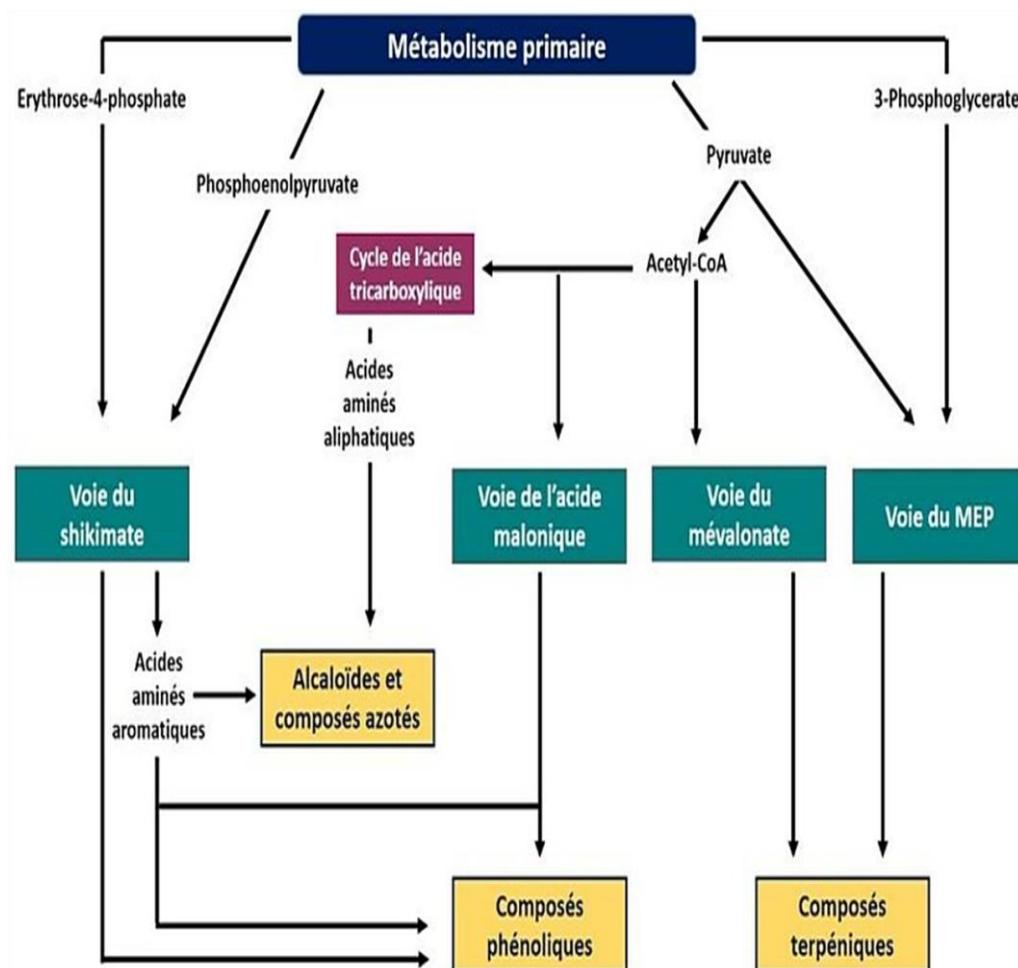
La voie de synthèse de ces acides aminés varie en fonction des espèces végétales et implique une étape de transamination. Des recherches récentes ont mis en lumière l'importance de la régulation transcriptionnelle et post-transcriptionnelle dans la modulation de cette voie (Tzin et Galili, 2010). Des facteurs de transcription spécifiques, tels que les facteurs MYB, WRKY et bHLH, jouent un rôle crucial dans le contrôle de l'expression des gènes codant pour les enzymes impliquées dans la biosynthèse des acides aminés aromatiques.

- **Synthèse des métabolites secondaires**

La phénylalanine, via l'enzyme appelée PAL, génère l'acide cinnamique, précurseur de composés aromatiques. La tyrosine, un dérivé de la phénylalanine, conduit à la production d'acide hydroxycinnamique. L'enzyme PAL, qui catalyse cette réaction, est présente dans les plantes et les champignons, mais absente chez les animaux. Elle est régulée par le phytochrome, un système régulateur de l'adaptation écologique. La cyclogenèse, qui conduit à la formation de composés cycliques, se déroule dans divers tissus végétaux. Elle fait usage de précurseurs de la photosynthèse ou de la glycolyse/cycle des pentoses, et implique un complexe multi-enzymatique dans le réticulum endoplasmique (Merghem, 2009). Ces processus sont régulés par des facteurs de transcription et des mécanismes épigénétiques (Liu, 2021).

### 2.1.2. Voie de l'acide malonique

Cette voie métabolique est associée à la formation de polycétones et de métabolites secondaires par cyclisation des chaînes carbonées résultant de la condensation de groupements acétates. Cette réaction de condensation se produit en aval de la carboxylation de l'acétyl-CoA en malonyl-CoA. Ce processus est prédominant chez les plantes non vertes et dans certains micro-organismes, tels que les *Penicillium* qui synthétisent l'acide pénicillique, ou encore chez les lichens et les champignons. Par ailleurs, il est important de noter que la formation du cycle benzénique latéral (A) chez les flavonoïdes et les anthocyanes nécessite l'enchaînement de trois molécules d'acétyl-CoA (Merghem, 2009).



**Figure 04.** Schéma simplifié des voies métaboliques reliant métabolites primaires et secondaires, (Taiz et Zeiger, 2010).

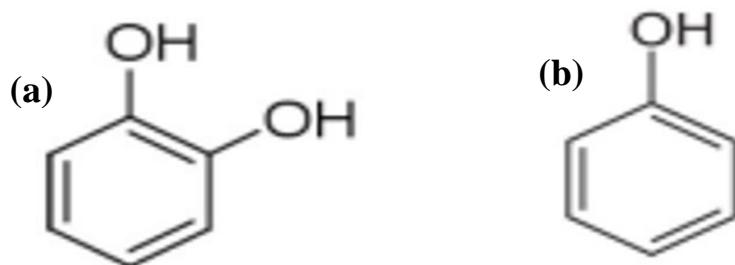
## 2.2. Les principales classes des composés phénoliques

La classification des composés phénoliques peut être établie en fonction du nombre de cycles phénoliques présents dans la molécule. Ainsi, une molécule contenant un seul cycle phénolique est désignée comme un composés phénoliques simples, tandis qu'une molécule en possédant plusieurs sont qualifiée de polyphénols (Élie, 2022).

### 2.2.1. Composés phénoliques simples

- **Les Phénols simples : (C6)**

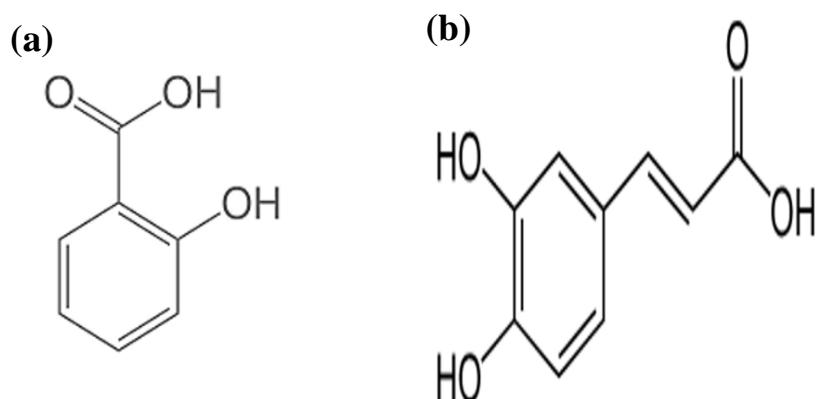
Ces composés sont rares dans la nature, exemple le phénol ; catéchol.



**Figure 05.** (a) Structure du Phénol, (b) Structure du Catéchol, (Élie, 2022).

- **Les Acides phénoliques**

Les acides phénoliques, largement répandus dans le règne végétal, sont des dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque (C6-C1), formant la classe des acides hydroxybenzoïques (acide salicylique, acide gallique), ou de l'acide cinnamique (C6-C3), formant la classe des acides hydroxycinnamiques (acide caféïque, acide chlorogénique, acide paracoumarique) (Élie, 2022).



**Figure 06.** (a) structure chimique d'acide salicylique, (b) structure chimique d'acide caféïque, (Sykes *et al.*, 2023 ; Boubekri, 2014).

## 2.2.2. Les Polyphénols

- **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes se composent de deux cycles benzéniques avec un groupe hydroxyle phénolique (c'est-à-dire le cycle A et le cycle B) et un cycle hétérocyclique C relié par l'atome de carbone central. Selon les modifications chimiques de leurs unités carbonées, telles que l'hydroxylation, la méthylation, la glycosylation, l'acylation et la fixation de l'isoprène, les flavonoïdes sont principalement divisés en proanthocyanidines, flavonols, flavonoïdes, flavanones, isoflavones et phlobaphènes anthocyanes (Liu *et al.*, 2024).

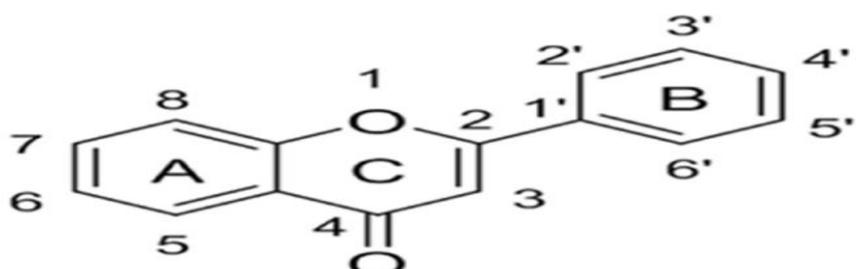


Figure 07. Structure de base des flavonoïdes, (Hao *et al.*, 2024).

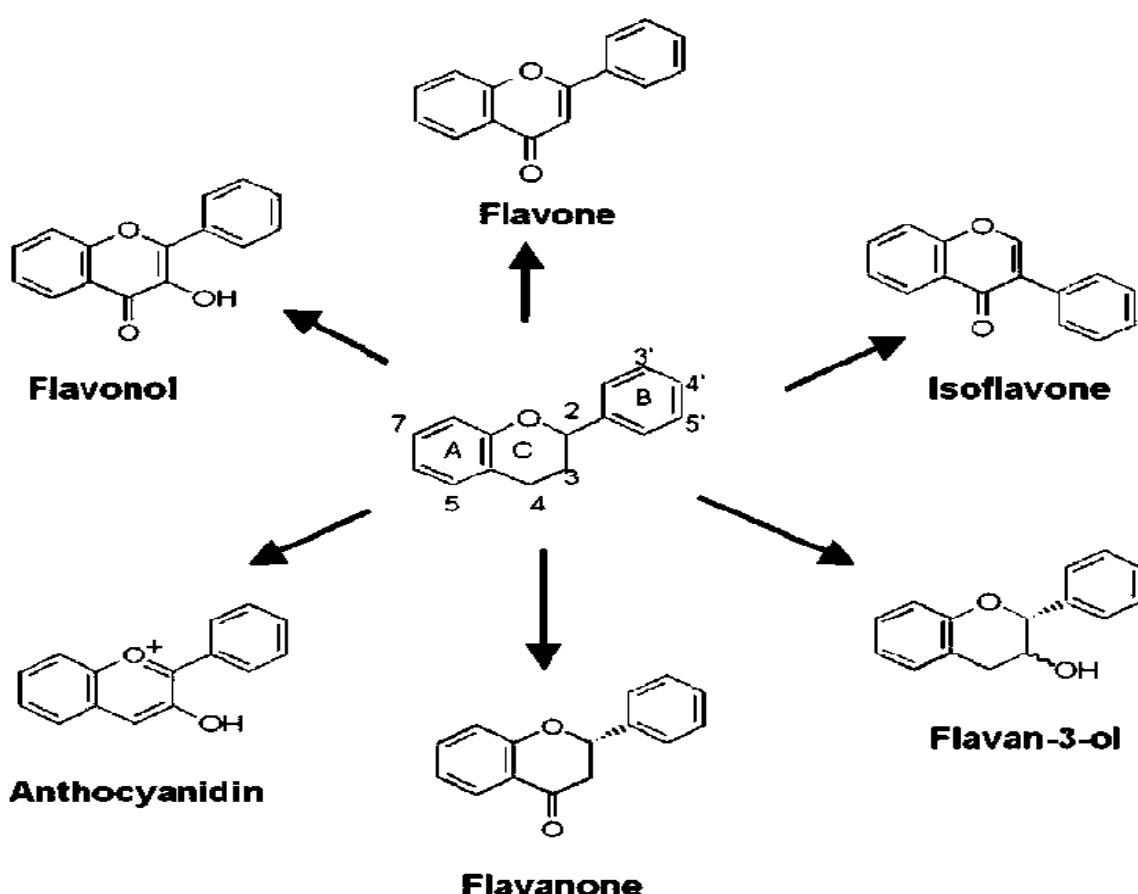
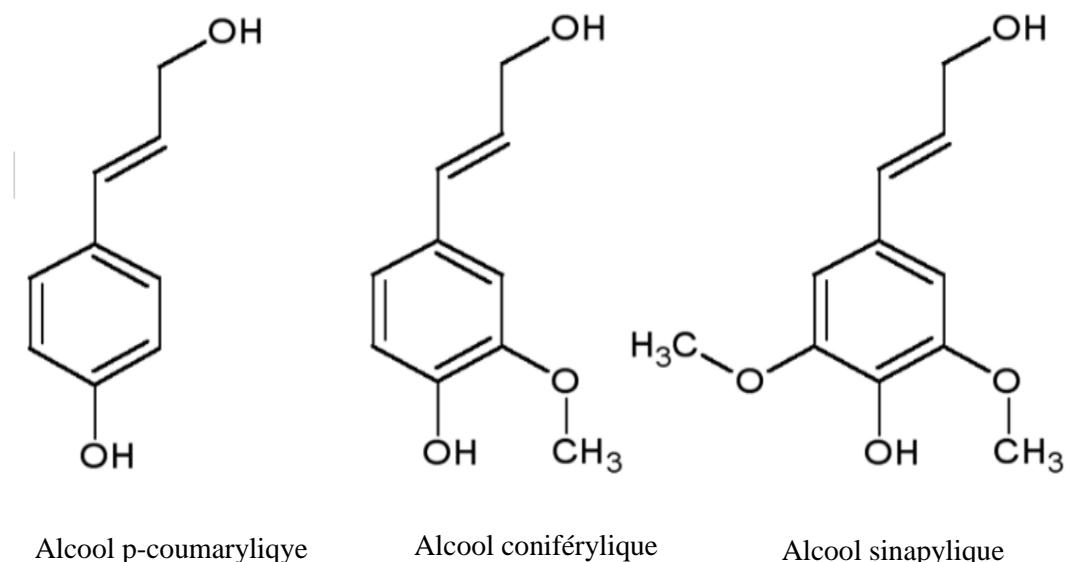


Figure 08. Structure des flavonoïdes, (Nishiumi *et al.*, 2011).

- **Les lignanes**

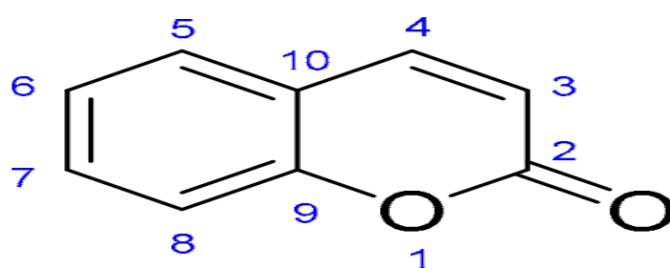
Les lignanes sont des composés issus de la dimérisation de deux unités phénylpropanoïdes. Leur squelette carboné est de type (C6-C3), composé de deux cycles benzéniques et de six atomes de carbone non aromatiques. Cette architecture moléculaire confère aux lignanes une grande diversité structurale (Élie, 2022).



**Figure 09.** Structure de trois monolignols usuels, (Sainvitu *et al.*, 2012).

- **Les Coumarines**

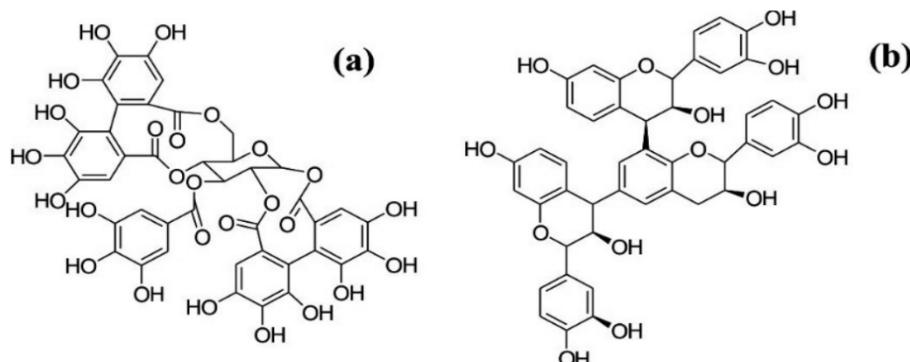
Les coumarines font partie des premiers composés phénoliques isolés dans les années 1930. Le premier composé isolé était la coumarine hétéroside daphnine, dont la présence a été démontrée dans plusieurs types de plantes. En général, les coumarines sont constituées d'un noyau benzénique et d'un cycle hexagonal contenant un atome d'oxygène. Elles sont incolores et se présentent sous forme de cristaux à l'odeur aromatique prononcée et au goût amer et âcre. Elles sont solubles dans les solvants alcooliques. Ces composés sont caractérisés par une activité antioxydante très efficace (Matos *et al.*, 2015).



**Figure 10.** Structure du noyau coumarinique, (Annunziata *et al.*, 2020).

- **Les tanins**

Les tanins sont des composés végétaux impliqués dans la défense des plantes contre les pathogènes et les insectes. Ils possèdent des propriétés antioxydantes et peuvent réduire la production de méthane chez les ruminants, bien qu'un excès puisse affecter l'absorption des nutriments. Leur capacité à précipiter les protéines leur confère des applications en biologie et pharmacologie. On distingue deux types de tanins : hydrolysables (gallotannins, ellagitanins) et condensés (polyflavonoïdes) (Pizzi, 2021).



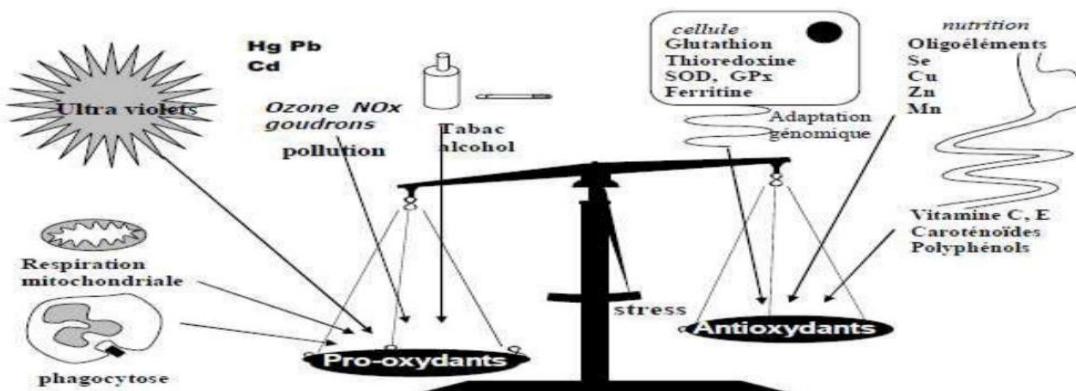
**Figure 11.** Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés, (Raja *et al.*, 2014).

### 3. Activités biologiques

#### 3.1. Activité antioxydante

##### 3.1.1. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif est défini comme un déséquilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants (Sid *et al.*, 2013). Ce déséquilibre entraîne une accumulation de radicaux libres, qui se caractérisent par leur forte capacité à endommager les tissus cellulaires. Le stress oxydatif est également impliqué dans les mécanismes de mort cellulaire et dans l'apparition de maladies du système nerveux telles que la maladie de Parkinson, l'athérosclérose et la maladie d'Alzheimer (Pajares *et al.*, 2018).



**Figure 12.** La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants, (Favier, 2006).

### 3.1.2. Les espèces réactives de l'oxygène ERO

Les espèces chimiques oxygénées, ou ERO, incluent des radicaux libres, des ions oxygénés et des peroxydes. Ces espèces sont caractérisées par une réactivité chimique élevée, induite par la présence d'électrons de valence non appariés dans leur orbitale externe. L'équilibre de ces espèces est maintenu par deux processus fondamentaux : l'oxydation, qui implique la perte d'un électron, et la réduction, qui correspond au gain d'un électron. Il est important de noter que le caractère radicalaire de la molécule persiste, l'électron non apparié étant capable de se lier à d'autres molécules, conduisant à un processus d'oxydation en chaîne.

Le stress oxydatif, résultant d'un déséquilibre entre la production d'ERO et les capacités antioxydantes de l'organisme, est influencé par plusieurs facteurs. Certains, tels qu'une consommation élevée d' $O_2$  lors d'une activité sportive intense et énergivore, peuvent augmenter la production d'ERO. D'autres, comme le déficit enzymatique congénital en Glucose-6-Phosphate Déshydrogénase (G6PD), peuvent réduire les capacités antioxydantes (Bensakhria, 2018). De plus, des facteurs environnementaux et physiologiques tels que l'âge, l'exposition à des polluants, et certaines pathologies peuvent également moduler l'équilibre redox et influencer le niveau de stress oxydatif (Lobo *et al.*, 2010).

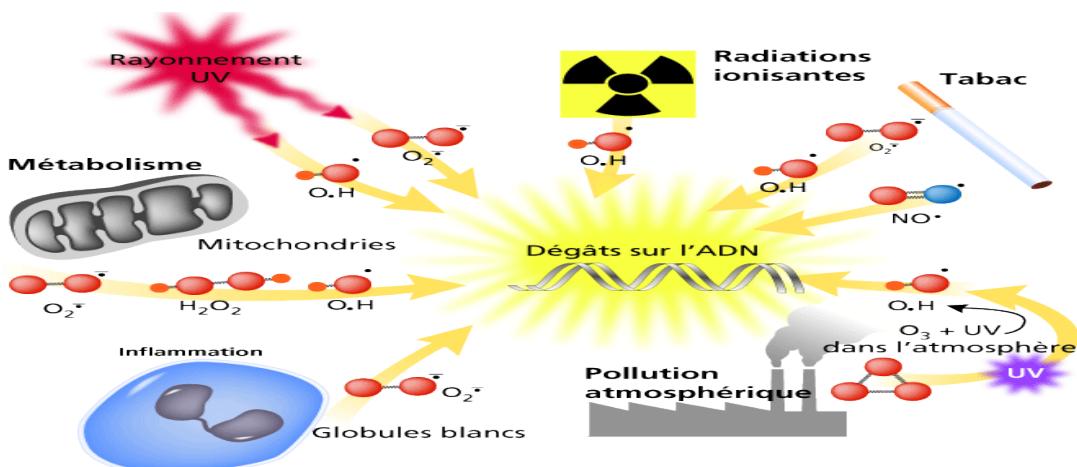


Figure 13. Principales sources des radicaux libres, (Pincemail *et al.*, 2002).

### 3.1.3. Les principales espèces réactives de l'oxygène

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont des molécules instables qui peuvent endommager les cellules. Elles sont classées en deux catégories principales : les espèces radicalaires et les espèces non radicalaires.

**Tableau 04.** Les principales espèces réactives de l'oxygène, (Bensari, 2021).

Spèces radicalaires	Spèces non radicalaires
Anion superoxyde ( $O_2^-$ )	Oxygène singulet ( $+O_2$ )
Radical hydroxyle ( $OH^-$ )	Peroxyde d'oxygène ( $H_2O_2$ )
Monoxyde d'azote ( $NO^-$ )	Nitroperoxyde ( $ONOOH$ )

### 3.1.4. Les dommages causés par le stress oxydant

Le stress oxydatif, défini par un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes de défense antioxydants, constitue un facteur prépondérant de dommages cellulaires. Il induit des lésions à plusieurs niveaux : l'ADN est altéré, entraînant des mutations et une instabilité génomique (Cadet *et al.*, 2003) ; les protéines subissent des modifications structurales et fonctionnelles, affectant leur activité enzymatique et leur rôle dans la signalisation cellulaire (Dalle-Donne *et al.*, 2006) ; et les lipides membranaires sont peroxydés, perturbant l'intégrité et la perméabilité des membranes (Jaques et André, 2004). Ces dommages cumulatifs sont des facteurs clés du vieillissement cellulaire et de l'apparition de diverses pathologies, telles que les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives et le cancer (Halliwell et Gutteridge, 2015). La compréhension des mécanismes sous-jacents au stress oxydatif est donc essentielle pour le développement de stratégies thérapeutiques visant à prévenir et à traiter ces pathologies.

### 3.1.5. Systèmes antioxydants

L'oxydation est définie comme le processus de perte d'électrons par un atome, une molécule ou un ion, entraînant une augmentation de son état d'oxydation (c'est-à-dire une augmentation de sa charge positive ou une diminution de sa charge négative). Ce processus est fondamental en chimie et en biologie, étant impliqué dans de nombreuses réactions essentielles à la vie (Holleman *et al.*, 2007). Les composés ou substances capables d'inhiber ou de prévenir l'oxydation d'autres composés sont désignés par le terme « antioxydant ». Ces composés sont capables de transférer des électrons aux radicaux libres, se transformant alors en radicaux libres moins réactifs et non toxiques.

Les antioxydants, essentiels à la protection cellulaire contre les dommages oxydatifs, peuvent être classés en trois catégories principales : les antioxydants non-enzymatiques, les antioxydants vitaminiques et les enzymes antioxydantes. Les antioxydants non enzymatiques, tels que l'acide urique, l'ubiquinol et le glutathion, sont synthétisés endogènement lors

du métabolisme cellulaire et contribuent à la neutralisation directe des espèces réactives de l'oxygène (ERO). Les antioxydants vitaminiques, incluant le  $\beta$ -carotène, la vitamine E et la vitamine C, sont exogènes et doivent être apportés par l'alimentation, jouant un rôle crucial dans la protection des lipides membranaires et la régénération d'autres antioxydants. Enfin, les enzymes antioxydantes, telles que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx), catalysent la détoxicification des ERO, transformant les radicaux libres en espèces moins réactives (lobo *et al.*, 2010). Ces systèmes antioxydants agissent de manière synergique pour maintenir l'équilibre redox cellulaire et prévenir les dommages oxydatifs associés à diverses pathologies (Halliwell et Gutteridge, 2015).

### 3.1.6. Activité antioxydante des composés phénoliques

Les composés phénoliques possèdent une activité antioxydante grâce à leur propriété redox, leur permettant d'interagir avec les espèces réactives de l'oxygène et de l'azote (ROS et RONS). Leur mécanisme d'action repose sur trois principaux processus :

- **Piégeage des radicaux libres**

Les composés phénoliques neutralisent les radicaux libres (superoxyde, peroxyles  $\text{ROO}\cdot$ , alkoxyles  $\text{RO}\cdot$ ) grâce au transfert d'hydrogène (Sökmen *et al.*, 2012), conférant une activité antioxydante (Bensari, 2021).



Où :

$\text{Ar-OH}$  représente un composé phénolique.

$\text{X}\cdot$  est un radical libre.

$\text{ArO}\cdot$  est un radical aryloxyle formé après cession d'un hydrogène.

Cependant, le radical  $\text{ArO}\cdot$  peut réagir avec l'oxygène pour former une quinone et un anion superoxyde, pouvant induire un effet pro-oxydant. L'efficacité dépend du potentiel redox et de la réactivité du radical aryloxyle (Jovanovic *et al.*, 1994).

- **Inhibition des enzymes génératrices de ROS**

Les composés phénoliques inhibent la production des espèces réactives de l'oxygène (ROS) en interagissant avec certaines enzymes via des forces de Van der Waals et des liaisons hydrogène (Dangles, 2012). Ils bloquent l'activité d'enzymes productrices de ROS comme la xanthine oxydase, la protéine kinase C, la cyclooxygénase et la lipooxygénase, en formant

un complexe inhibiteur-enzyme. De plus, ces composés peuvent piéger directement les ROS en leur donnant un électron ou un atome d'hydrogène, limitant ainsi le stress oxydatif (Lin *et al.*, 2002).

- **Chélation des ions métalliques**

Les ions métalliques comme le fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) et le cuivre ( $\text{Cu}^{+}$ ) jouent un rôle clé dans plusieurs fonctions biologiques, mais ils participent aussi à la formation des espèces réactives de l'oxygène (ERO) via la réaction de Fenton:



Cette réaction génère des radicaux hydroxyles très toxiques. Pour limiter ce stress oxydatif, les polyphénols agissent comme chélateurs, formant des complexes inactifs avec ces ions métalliques et empêchant leur participation aux réactions oxydantes (Pietta, 2000). D'autres mécanismes mineurs peuvent être cités, comme la chélation des métaux de transition par les acides phénoliques et les flavonoïdes ou la désactivation de l'oxygène singulet par les tocophérols (Laguerre *et al.*, 2007). Notons par ailleurs que les composés phénoliques peuvent, d'une part, constituer une seconde ligne de défense en « neutralisant » les composés carbonylés produits durant l'oxydation et, d'autre part, exprimer eux-mêmes une activité pro-oxydante (Masuda *et al.*, 2013). Enfin, les produits d'oxydation des composés phénoliques étant rarement inertes chimiquement ils pourront avoir, suivant les circonstances, une activité antioxydante ou pro-oxydante.

Il faut donc considérer l'activité antioxydante globale d'une molécule comme la résultante d'une combinaison de mécanismes, dont l'expression dépendra de la réactivité intrinsèque de la molécule, de son environnement et du devenir des espèces oxydées auxquelles elle aura donné naissance.

## 3.2. Activité antiinflammatoire

### 3.2.1. Définition de l'inflammation

L'inflammation est une réponse complexe et naturelle de l'organisme face à une agression, qu'elle soit causée par une infection microbienne et virale, l'exposition à des allergènes, les radiations, ainsi que l'exposition à des produits chimiques toxiques. Elles peuvent également résulter de maladies auto-immunes et chroniques, d'affections liées à l'obésité, ainsi que de comportements de santé tels que la consommation excessive d'alcool, le tabagisme et une alimentation riche en calories (Bayala, 2014).

### **3.2.2. Types d'inflammations**

On distingue classiquement deux types d'inflammation en fonction de la durée de la réaction (Stevens *et al.*, 2004) :

- **Inflammation aiguë**

C'est la réponse immédiate à un agent agresseur qui selon le type et la sévérité de la lésion tissulaire se développe en quelques minutes ou plusieurs heures et persiste en général quelques heures à quelques jours. Elle se caractérise par une phase vasculo-exsudative, une phase cellulaire et une phase de réparation.

- **Inflammation chronique**

Elle se manifeste pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois et se caractérise principalement par la persistance de la lésion tissulaire et la présence d'un infiltrat inflammatoire chronique.

### **3.2.3. Physiopathologie de l'inflammation**

La réponse inflammatoire est un processus complexe et coordonné, orchestré par une vaste panoplie de médiateurs qui interagissent au sein d'un réseau de régulation sophistiqué (Newton et Dixit, 2012) Classiquement, et selon différentes sources (Weill et Batteux, 2003 ; Russo-Marie *et al.*, 1998), on distingue trois phases principales dans le déroulement de cette réaction biologique :

- **Phase vasculaire** : Initiée par un signal de danger (exogène ou endogène), elle se caractérise par la libération rapide de médiateurs vasoactifs (histamine, sérotonine, bradykinine, prostaglandines, cytokines). Ces médiateurs augmentent la perméabilité vasculaire et provoquent une vasodilatation au site lésionnel (Boraschi et Tagliabue, 2006 ; Van Der Veer et Nourshargh, 2017).
- **Phase cellulaire** : Suite à la phase vasculaire, elle se caractérise par la migration et l'accumulation de leucocytes (surtout des neutrophiles) dans le tissu interstitiel. Ce recrutement, facilité par l'augmentation de la perméabilité vasculaire et l'expression de molécules d'adhérence, est crucial pour éliminer l'agent agresseur (Ley *et al.*, 2007 ; Kolaczkowska et Kubes, 2013).
- **Phase de résolution et de réparation** : Après la neutralisation et l'élimination de l'agent agresseur (par les neutrophiles), la phase de résolution débute activement. Elle implique l'élimination des débris, la mise en place de mécanismes de rétrocontrôle pour limiter l'inflammation et la restauration de l'homéostasie tissulaire. La réparation des tissus endommagés est une composante clé (Serhan *et al.*, 2008). Les médiateurs lipidiques

spécialisés de la résolution (SPM) jouent un rôle important dans ce processus (Sugimoto et Narumiya, 2007).

### **3.2.4. Propriété anti-inflammatoire des composés phénoliques**

On distingue deux types d'anti-inflammatoires : les anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS), qui comprennent les corticoïdes synthétiques ou naturels (sécrétés par la cortico-surrénale) (Barnes, 1998) et les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), tels que l'ibuprofène et le diclofénac, qui inhibent la synthèse des prostaglandines. Bien qu'efficaces, leur utilisation thérapeutique à long terme est souvent associée à des effets secondaires notables, tels que des ulcères gastro-intestinaux et une insuffisance rénale (Ricciotti et Fitzgerald, 2011).

Les plantes médicinales présentant des propriétés anti-inflammatoires peuvent constituer une option pertinente en tant qu'alternative aux anti-inflammatoires de synthèse, en raison de leur toxicité généralement moindre (Ghasemian *et al.*, 2016). Les composés phénoliques, et plus particulièrement certains acides phénoliques et flavonoïdes, sont reconnus pour leurs propriétés anti-inflammatoires. Ils agissent en inhibant la synthèse de médiateurs pro-inflammatoires clés tels que les cytokines, l'histamine et les prostaglandines (Saibabu *et al.*, 2015 ; Ambriz-Pérez *et al.*, 2016). Des études récentes ont également mis en évidence le rôle de certains polyphénols dans la modulation des voies inflammatoires (Fraga *et al.*, 2019). En outre, la recherche se concentre actuellement sur l'exploration des mécanismes d'action de diverses plantes et de leurs composants dans la résolution de l'inflammation (Calder *et al.*, 2011).

L'effet anti-dénaturation (stabilisation) *in vitro* de la bovine sérum albumine (BSA) traitée par la chaleur, induit par les substances naturelles ainsi que les produits anti-inflammatoires non-stéroïdiens, constitue une méthode alternative aux tests anti-inflammatoire *in vivo* pour le criblage préliminaire de nouvelles molécules pour la découverte de nouveaux produits anti-inflammatoires (Williams *et al.*, 2008).

### **3.3. Activité antibactérienne**

Les maladies infectieuses sont des affections fréquentes causées par divers microorganismes (bactéries, virus, parasites ou champignons). Pour lutter contre les bactéries pathogènes, les antibiotiques sont utilisés soit pour inhiber leur multiplication (action bactériostatique), soit pour les tuer (action bactéricide). Cependant, l'utilisation inappropriée et excessive de ces agents antibactériens a conduit à l'apparition et au développement préoccupant de bactéries pathogènes multi-résistantes (Bensari, 2021).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), « si aucune mesure supplémentaire n'est adoptée, la résistance aux antimicrobiens pourrait tuer jusqu'à 10 millions de personnes par an d'ici à 2050 ». Face à l'émergence de cette résistance des germes aux antibiotiques classiques, les plantes médicinales, utilisées traditionnellement, représentent une source alternative potentielle de molécules antimicrobiennes (Dembélé *et al.*, 2022). Elles sont ainsi une source d'inspiration pour la découverte de nouveaux médicaments, notamment à travers leurs métabolites secondaires. Parmi ces composés, les composés phénoliques sont largement étudiés et utilisés non seulement dans les industries alimentaire et cosmétique, mais également comme agents antimicrobiens en médecine populaire (Cowan, 1999).

#### **3.3.1. La nature de l'activité antibactérienne**

Lorsque l'on parle d'activité antibactérienne, on distingue deux sortes d'effets :

- Une activité létale (bactéricide), c'est la propriété de tuer les bactéries dans des conditions définies.
- Une inhibition de la croissance (bactériostatique), c'est l'inhibition momentanée de la multiplication d'une population (Hammer *et al.*, 1999).

#### **3.3.2. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne**

La détermination de l'activité antibactérienne d'un composé consiste à le mettre en contact avec une souche bactérienne et d'observer les conséquences de son effet sur cette dernière. Vous trouverez ci-dessous les deux techniques d'évaluation de l'activité antibactériennes les plus utilisées :

##### **A. Méthode par diffusion**

- **Méthode de diffusion sur disque**

La méthode de diffusion sur disque est l'approche la plus ancienne et la plus utilisée. Son principe est relativement simple : des disques de papier filtres stériles imprégnés

de différentes concentrations du produit à tester en solution sont déposés sur une gélose de Mueller-Hinton coulée préalablement dans des boîtes de Pétri et ensemencée avec une suspension de la bactérie à tester. Les différentes concentrations de chaque disque du produit à tester vont ainsi diffuser en inhibant la croissance bactérienne. Après 24 heures d'incubation, la lecture des résultats se fait par la mesure de la zone d'inhibition en millimètres. En effet, ces zones d'inhibition doivent être uniformément circulaires (Balouiri *et al.*, 2016).

Selon Barros *et al.* (2007), l'activité antibactérienne est exprimée comme suit :

- Diamètres inférieurs à 7 mm : aucune activité antimicrobienne (-).
  - Diamètres de 7 à 9 mm : activité antibactérienne faible (+).
  - Diamètres de 10 à 11.9 mm : activité antibactérienne modeste (++) .
  - Diamètres de 12 à 15 mm : activité antibactérienne élevée (+++).
  - Diamètres supérieurs à 15 mm : activité antibactérienne forte (++++) .
- 
- **Méthode de diffusion à partir de puits**

La méthode de diffusion à partir de puits repose sur un principe similaire à celui de la méthode des disques. Elle consiste à créer des puits dans un milieu gélosé préalablement ensemencé avec la souche bactérienne à tester. Ces puits sont ensuite remplis de l'extrait ou de l'antibiotique à évaluer. La substance diffusera alors dans la gélose, créant un gradient de concentration autour du puits. Après incubation, une zone d'inhibition de la croissance bactérienne peut apparaître si la substance possède une activité antimicrobienne. Le diamètre de cette zone est ensuite mesuré et corrélé à l'activité de la substance testée (Ncube *et al.*, 2015).

## B. Méthodes de Dilution

Les méthodes de dilution sont utilisées pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB) d'un agent antimicrobien. Elles consistent à exposer une culture bactérienne à différentes concentrations de la substance à tester dans un milieu de culture liquide (bouillon) ou solide (gélose).

- **Dilution en Milieu Liquide (Bouillon)**

Cette méthode permet de déterminer la CMI, qui représente la plus faible concentration d'un agent antimicrobien capable d'inhiber la croissance visible d'une bactérie après une période d'incubation donnée. La procédure typique implique la préparation de dilutions successives de l'agent dans un milieu liquide (tel que le bouillon de Mueller-Hinton), l'inoculation avec une culture bactérienne standardisée et l'évaluation de la croissance après incubation.

L'absence de trouble ou de culot bactérien indique l'inhibition de la croissance, et la CMI est la plus faible concentration montrant cette inhibition (Ríos et Recio, 2005).

- **Dilution en Milieu Solide (Gélose)**

La dilution en milieu solide est principalement utilisée pour déterminer la CMB. Après avoir potentiellement identifié la CMI par dilution en bouillon, des échantillons des dilutions n'ayant pas montré de croissance sont ensemencés sur des plaques de gélose fraîche. La CMB est la plus faible concentration de l'agent antimicrobien dans le milieu liquide initial qui permet une survie bactérienne très limitée ( $\leq 0,01\%$  de l'inoculum initial) après incubation sur gélose (Kuete, 2013).

La CMB est déterminée à partir de la CMI :

- Si le rapport CMI / CMB = 1 ou 2 l'antibiotique est bactéricide.
- Si le rapport CMI / CMB = 4 à 16 l'antibiotique est bactériostatique.
- Si le rapport CMI / CMB  $\geq 32$  il y'a une tolérance des bactéries à l'antibiotique.

### 3.3.3. Activité antibactérienne des composés phénoliques

Le mécanisme d'action des métabolites secondaires varie considérablement d'une molécule à l'autre, conférant une diversité d'approches pour cibler les microorganismes. Par exemple, certains acides phénoliques exercent leur activité antimicrobienne en perturbant l'intégrité de la membrane cytoplasmique bactérienne, entraînant une perte de perméabilité et une fuite des constituants essentiels de la cellule (Wu *et al.*, 2016).

L'activité antibactérienne des flavonoïdes, quant à elle, est multifactorielle et pourrait résulter de l'inhibition de processus cellulaires cruciaux tels que la synthèse des acides nucléiques, l'altération de la fonction membranaire, ou encore l'interférence avec le métabolisme énergétique (Cazarolli *et al.*, 2008). Des études récentes ont également suggéré que certains flavonoïdes peuvent perturber la formation du biofilm bactérien, contribuant ainsi à leur activité antimicrobienne (Xie *et al.*, 2015).

Concernant les terpènes, bien que leur mécanisme d'action ne soit pas entièrement élucidé pour tous les composés de cette classe, il est généralement admis que leur lipophilicité leur permet d'interagir avec la membrane cellulaire bactérienne. Cette interaction peut provoquer des altérations de la perméabilité membranaire, menant à une fuite d'ions et d'autres molécules vitales pour la survie de la cellule (Inoue *et al.*, 2004 ; Moreno *et al.*, 2006 ; Cristani *et al.*, 2007).

## **4. Ethnobotanique**

### **4.1. Définition**

L'ethnobotanique est la discipline qui étudie les interactions entre les humains et les plantes (Jones, 1941). Elle englobe de nombreux aspects, comme :

- La manière dont les plantes sont nommées et classifiées,
- Les valeurs qui leur sont attribuées,
- Leurs usages (alimentaires, médicinaux, culturels, artisanaux, etc.),
- Leur gestion par les sociétés.

Elle relie les sciences naturelles et les sciences sociales, car les plantes jouent un rôle fondamental dans le bien-être humain depuis toujours : elles fournissent nourriture, combustible, médicaments, matériaux de construction, etc. Elles sont aussi des éléments clés des écosystèmes, influençant les climats, les sols et les ressources en eau.

Dans les pays en développement, les plantes sont au cœur du quotidien rural : agriculture, élevage, collecte de bois, cuisine, construction, soins à base de plantes... (Hamilton *et al.*, 2003).

### **4.2. Le développement de l'ethnobotanique à travers le temps**

L'ethnobotanique, en tant que champ disciplinaire, a été formellement définie en 1896 par John W. Harshberger, à la suite de sa découverte, en 1893, d'une collection remarquable de produits végétaux présentée à l'Exposition universelle de Chicago. Son initiative marque le point de départ d'une discipline visant à étudier les relations entre les sociétés humaines et les plantes. Au milieu du XXe siècle, des chercheurs tels que Richard Evans Schultes a considérablement enrichi la discipline par des enquêtes de terrain approfondies en Amazonie, valorisant les savoirs des guérisseurs autochtones. En 1954, Harold Conklin publie une étude pionnière sur la classification végétale chez les Hanunóo des Philippines, révélant la richesse et la complexité des systèmes vernaculaires de connaissance. À partir des années 1970, l'ethnobotanique s'élargit pour intégrer les dimensions sociales du savoir, en explorant les variations liées à l'âge, au genre, au statut social ou à la spécialisation. Parallèlement, les travaux de Brent Berlin, Eugene Hunn et autres chercheurs en anthropologie cognitive ont permis d'identifier des principes universels de classification et de nomination des plantes. La publication, en 1987, du rapport *Notre avenir à tous* par la Commission Brundtland a marqué une reconnaissance mondiale du rôle fondamental des savoirs écologiques traditionnels (TEK) dans les stratégies de développement durable. Dès les années 1990, la discipline s'est structurée autour de nouveaux enjeux éthiques, grâce notamment aux travaux de Alexiades et Laird sur la protection des droits intellectuels autochtones. À la même époque,

Darrah Nazarea a développé le concept de « banque de mémoire » pour préserver la diversité génétique des cultures vivrières. Aujourd’hui, l’ethnobotanique adopte une approche résolument interdisciplinaire, mobilisant des contributions variées dans les domaines de la santé, de la nutrition, de la conservation de la biodiversité et des dynamiques culturelles, sous l’impulsion de chercheurs comme Etkin, Johns, Turner, ou Nolan (Nolan et Turner, 2011).

#### **4.3 Les méthodes utilisées en ethnobotanique**

Au cours des 40 dernières années, l’ethnobotanique a diversifié ses méthodes pour mieux comprendre les relations entre les sociétés humaines et les plantes. Les recherches commencent généralement par une question claire, suivie d’enquêtes de terrain qui permettent d’accéder aux communautés autochtones et d’apprendre les outils méthodologiques. L’observation participante, où le chercheur s’intègre aux activités quotidiennes, est essentielle pour comprendre les usages des plantes. Les "répondants clés" comme les aînés et guérisseurs transmettent des savoirs intergénérationnels, et les chercheurs analysent aussi la répartition des connaissances en fonction du genre, de l’âge ou du statut social. La collecte éthique des données, en particulier pour les savoirs médicinaux, et la conservation des plantes dans les herbiers sont primordiales. Enfin, des outils modernes comme la photographie et la modélisation viennent compléter les recherches. L’ethnobotanique actuelle est donc une discipline pluridisciplinaire qui intègre biologistes, écologues, linguistes, économistes et communautés locales pour préserver et enrichir les savoirs traditionnels (Nolan et Turner, 2011).

#### **4.4. Intérêt d’ethnobotanique**

- L’ethnobotanique contribue à l’enrichissement des connaissances sur les populations locales et leur interaction avec le monde végétal (Draou, 2022 in Boulguendoul et Remouche, 2024).
- Elle fournit des données ethnographiques complémentaires, notamment les appellations vernaculaires des plantes, les pratiques culturelles associées, les modes de récolte, ainsi que les usages traditionnels et les méthodes de préparation (Abdiche et Guergour, 2011 in Boulguendoul et Remouche, 2024).
- Recueillir et analyser des informations sur l’emploi ancestral des plantes dans une région donnée (Abdiche et Guergour, 2011 in Boulguendoul et Remouche, 2024).



## **Chapitre II :**

# **Matériel et méthodes**

Notre étude s'est déroulée en deux phases distinctes. La première phase a consisté en une enquête ethnobotanique, menée afin de recueillir des informations sur l'utilisation traditionnelle de la plante sélectionnée. La seconde phase a impliqué une évaluation phytochimique en laboratoire (laboratoire de Biochimie RDC/ Faculté des sciences de la nature et de la vie/Université Constantine 1).

Cette évaluation a inclus l'extraction des composés bioactifs, la quantification des composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes), et l'évaluation des activités biologiques (antioxydante, anti-inflammatoire, antibactérienne) des extraits obtenus.

## **1. Enquête (recherche) ethnobotanique**

Dans de nombreuses sociétés, la médecine traditionnelle constitue le principal recours pour la résolution des problèmes de santé. Cette pratique, souvent fondée sur des connaissances empiriques, est généralement transmise oralement de génération en génération.

Cette transmission séculaire par voie orale est soumise à un risque de perte de savoirs, ce qui nécessite des approches méthodologiques rigoureuses pour en préserver l'intégrité et la richesse. Les études ethnobotaniques et ethno médicales sont aujourd'hui reconnues comme les méthodes privilégiées pour l'étude des plantes médicinales et de leurs usages (Adjanahun *et al.*, 1991 ; Farnsworth, 1966).

L'objectif de cette enquête ethnobotanique était d'identifier les diverses utilisations médicinales traditionnelles de la plante sélectionnée et de documenter les connaissances médicinales traditionnelles associées à son utilisation. Les résultats obtenus permettront de dresser un aperçu général du potentiel curatif de la plante, tel que perçu par les guérisseurs de la région d'étude.

Dans le cadre de cette étude et conformément aux protocoles en vigueur, un questionnaire structuré a été administré lors d'entretiens individuels avec un échantillon de 50 participants. Chaque entretien a permis de recueillir des informations détaillées sur les participants et sur la plante étudiée.

### **1.1. Échantillonnage**

Selon Ould El Hadj *et al.* (2003), l'échantillonnage consiste à identifier, au sein d'une population donnée, les individus qui composeront l'échantillon. Dans notre étude, une approche d'échantillonnage aléatoire a été privilégiée, garantissant ainsi une représentativité optimale de la population étudiée. De plus, nous avons ciblé différentes catégories de personnes

susceptibles de posséder des connaissances sur les plantes médicinales et leurs usages thérapeutiques.

## 1.2. Fiche d'enquête

L'outil de notre enquête était un questionnaire structuré, comprenant une liste de questions avec des réponses préétablies, afin de guider les entretiens semi-directifs (Annexe 01). Ce questionnaire était divisé en deux parties :

- **Une première partie** destinée à recueillir des informations sociodémographiques sur les participants : âge, sexe, lieu de résidence, etc.
- **Une seconde partie** consacrée aux questions relatives à la plante étudiée, telles que son mode d'utilisation, la partie de la plante utilisée, les maladies traitées, etc.

## 2. Evaluation phytochimiques et activités biologiques

### 2.1. Matériel végétal

#### 2.1.1. Récolte et traitement du matériel végétal

Les échantillons de *D. viscosa* ont été collectés en novembre 2024 dans l'Est de l'Algérie, plus précisément dans la wilaya de Constantine, à Hamma Bouziane.

**Tableau 05.** Caractéristiques de la région de récolte de *D. viscosa* (Météo et climat : Hamma Bouziane (Algérie, 2024).

<b>Zone</b>	Hamma Bouziane
<b>Localisation</b>	Constantine
<b>Temps de récolte</b>	Novomber 2024
<b>Latitude</b>	36° 24' 43.38" N
<b>Longitude</b>	6° 35' 45.71" E
<b>Altitude</b>	Moyenne : 572 m, minimum : 311 m, maximum : 1 115 m
<b>Étage bioclimatique</b>	Climat méditerranéen avec été chaud

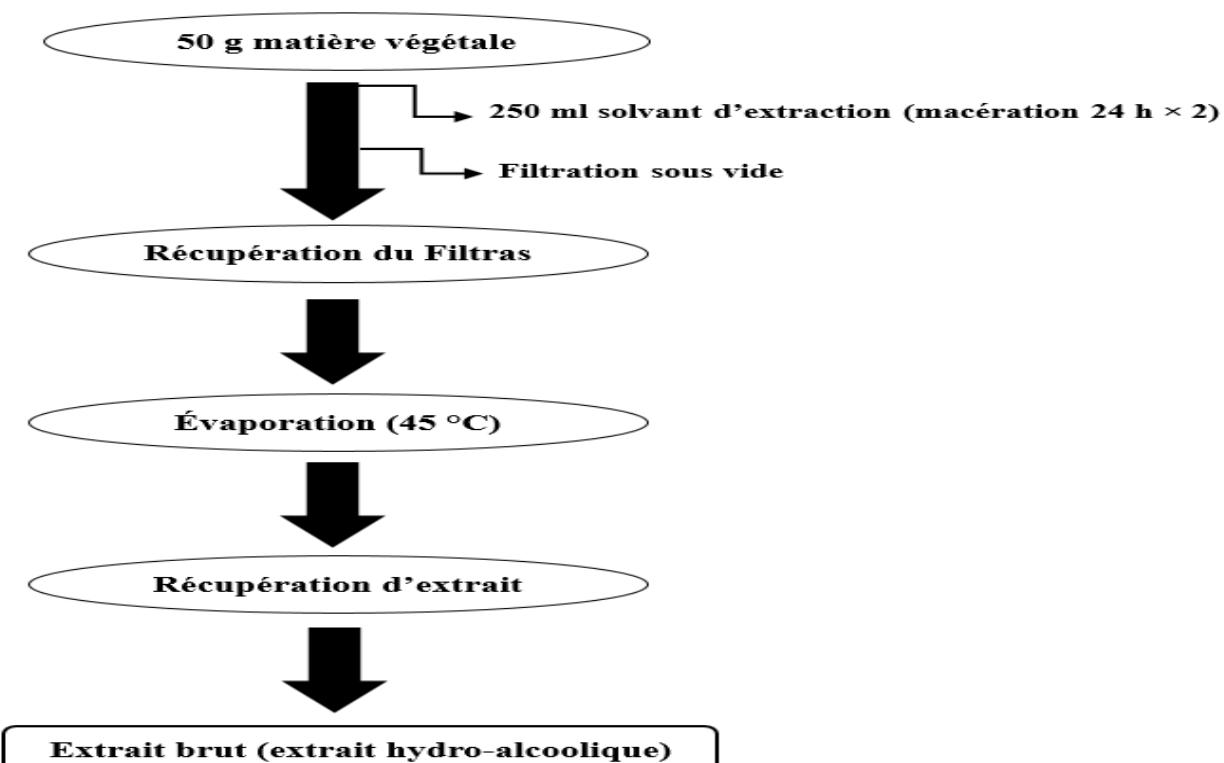
La récolte a concerné la partie aérienne de la plante, incluant les tiges, les feuilles et fleurs. Après la collecte, les feuilles et les fleurs ont été séparées et disposées individuellement dans un environnement sec et à l'abri de la lumière pendant 20 jours afin d'assurer leur séchage. Une fois cette étape achevée, les échantillons ont été soumis à un broyage mécanique afin d'obtenir une poudre homogène, destinée aux analyses ultérieures dans le cadre de notre étude.

### 2.1.2. Extraction des composés phénoliques

L'extraction a été réalisée par macération de la poudre végétale à l'aide d'une solution hydroalcoolique (méthanol/eau, 70/30, v/v). Cette technique s'est déroulée selon les étapes suivantes :

- Une quantité de 50 g de matière végétale a été mélangée avec 250 ml du solvant d'extraction.
- Le mélange a été laissé en macération pendant 24 heures.
- Après cette période, une filtration sous vide a été effectuée afin de récupérer le filtrat.
- La macération a ensuite été répétée une seconde fois pour une durée totale de 48 heures, afin d'optimiser l'extraction des composés d'intérêt.

Après la récupération des filtrats, l'évaporation du solvant a été réalisée à l'aide d'un rotavapor à 45°C afin de concentrer l'extrait. Cette étape a permis d'éliminer le solvant tout en préservant les composés d'intérêt pour les analyses ultérieures. L'extrait concentré obtenu après évaporation a été transféré dans un petit flacon opaque et conservé au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à son utilisation.



**Figure 14.** Schéma illustrant les différentes étapes d'extraction.

### **2.1.3. Détermination du rendement**

Le rendement d'extraction correspond à la quantité d'extrait sec obtenue après évaporation du solvant exprimée en pourcentage (%) par rapport à la masse initiale de la poudre végétale utilisée pour l'extraction. Selon Stanojevid L *et al.* (2009) le rendement d'extraction est estimé par la formule suivante :

$$\text{Rendement (Rdt)} = (\mathbf{m_e} / \mathbf{m_0})$$

Où :

**Rdt** : Rendement d'extraction (%).

**m<sub>e</sub>** : Masse de l'extrait (g).

**m<sub>0</sub>** : Masse de la prise d'essai (g).

## **2.2. Evaluation phytochimiques**

### **2.2.1. Dosage des polyphénols totaux**

Cette méthode est basée sur l'interaction des composés phénoliques avec le réactif de Folin-ciocalteu, qui est un mélange d'acide phosphotungstique ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ). En effet, en oxydant les composés phénoliques, ce réactif est réduit en un mélange d'oxyde de tungstène et d'oxyde de molybdène de couleur bleu, l'absorbance de cette coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (Boizot et Charpentier, 2006).

Le dosage des polyphénols, tel que décrit par Moussa *et al.* (2022), suit les étapes suivantes :

- Dans un tube à essai, introduire 200  $\mu\text{l}$  de de chaque extrait.
- Ajouter ensuite 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué dilué 10 fois.
- Incuber le mélange à température ambiante pendant une durée de 5 minutes.
- Ajouter 800  $\mu\text{l}$  d'une solution aqueuse de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7,5 % (p/v).
- Homogénéiser la solution et la conserver 30 minutes à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à une longueur d'onde de 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.
- Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif. Les résultats sont exprimés en microgrammes ( $\mu\text{g}$ ) équivalent acide gallique (EQAG) par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EQAG/mg extrait}$ ).

### 2.2.2. Dosage des flavonoïdes

La méthode repose sur la chélation des ions aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) par les flavonoïdes, formant un complexe stable de couleur jaunâtre. Ce complexe absorbe la lumière à 430 nm, et son intensité d'absorbance est proportionnelle à la concentration en flavonoïdes (Ribéreau-Gayon, 1968).

Selon Derafa *et al.* (2022), Les étapes à suivre pour le dosage des flavonoïdes sont :

- Prélever 1 ml de chaque extrait dans un tube à essai.
  - Ajouter 1 ml de solution de chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) à 2 % (p/v) dissoute dans le méthanol.
  - Mélanger et incuber à température ambiante pendant 10 minutes.
  - Mesurer l'absorbance à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.
  - Une courbe d'étalonnage, est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la rutine comme contrôle positif. La teneur en flavonoïdes totaux, des extraits est exprimée en microgrammes ( $\mu\text{g}$ ) équivalent Rutine (EQR) par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EQR/mg extrait}$ ).

### 2.3. Évaluation des activités biologiques

### 2.3.1. Activité antioxydante

### 2.3.1.1. Test de DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

Parmi les méthodes utilisées pour évaluer l'activité antioxydante, le test au 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est largement utilisé en raison de sa simplicité, de sa rapidité et de sa reproductibilité. Cette méthode évalue la capacité des antioxydants à éliminer les radicaux libres en mesurant la réduction du radical DPPH stable (Putpadungwipon et Powthong, 2025). Pour déterminer le rôle antiradicalaire de nos échantillons par le test DPPH, nous avons opté pour la méthode de Dieng *et al.* (2017) avec quelques modifications.

La mise en œuvre pratique de la technique est la suivante :

- Préparation d'une solution méthanolique de radical DPPH<sup>·</sup> en dissolvant 4 mg de DPPH dans 100 ml méthanol (100 µM).
  - Pour chaque essai, addition de 50 µl d'extrait à 950 µl la solution de DPPH à une concentration donnée.
  - Les extraits et la référence (acide ascorbique) ont été testés à différentes concentrations : 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 mg/ml.

- Après une incubation de 30 minutes à l'obscurité, les absorbances ont été mesurées à 517 nm.
- Trois essais indépendants ont été réalisés pour chaque concentration d'extrait testé.

L'activité antioxydante, exprimée par l'effet de piégeage du radical DPPH<sup>·</sup>, a été calculée en pourcentage d'inhibition (PI) à l'aide de la formule suivante :

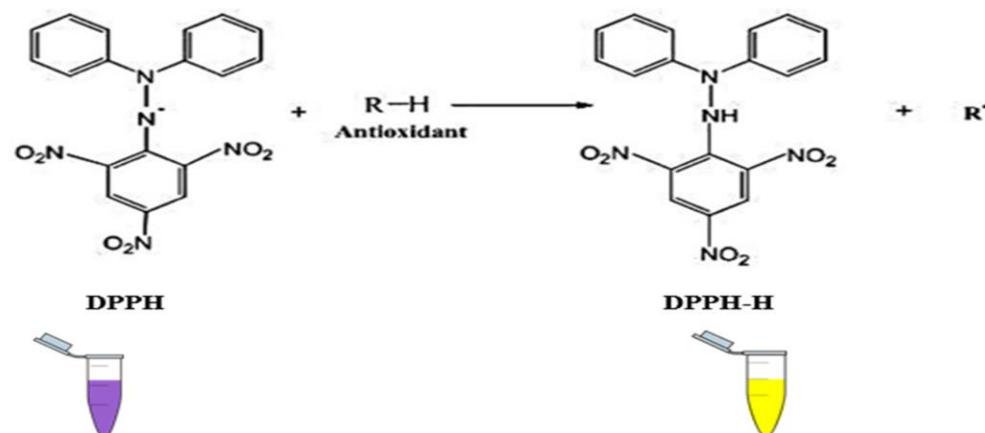
$$\text{PI (\%)} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

Où :

PI : Le pourcentage d'inhibition.

$A_0$  : Absorbance DPPH.

$A_1$  : Absorbance d'échantillon.



**Figure 15.** Réduction du radical DPPH<sup>·</sup> en DPPH-H, (Dureja et Dhiman, 2012).

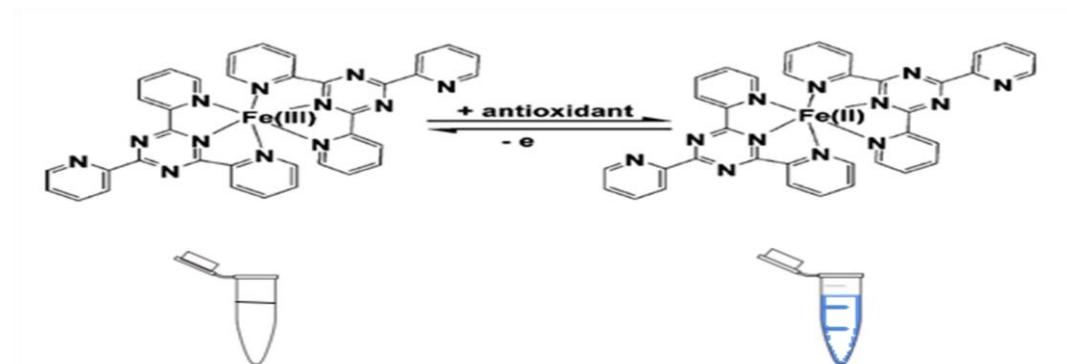
### 2.3.1.2. Test de FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)

Le test FRAP est présenté comme une méthode novatrice pour évaluer le «pouvoir antioxydant». Cette méthode repose sur la réduction de l'ion ferrique ( $Fe^{3+}$ ) en ion ferreux ( $Fe^{2+}$ ) (Benzie et Strain, 1996).

Pour déterminer l'activité réductrice de nos échantillons par le test FRAP, nous avons opté pour la méthode décrite par Ghedadba *et al.* (2015).

La mise en œuvre pratique de la technique se décline comme suit :

- Préparer une gamme de concentrations de l'extrait à analyser.
- Préparer une solution témoin d'acide ascorbique à une concentration appropriée.
- Prélever 0,5 ml de chaque concentration d'extrait. Dans des tubes à essai distincts, mélanger : 0,5 ml de l'échantillon, 1,25 ml de tampon phosphate [hydrogénophosphate de potassium ( $K_2HPO_4$ ) / dihydrogénophosphate de sodium ( $NaH_2PO_4$ )] (0,2 M, pH 6,6) et 1,25 ml d'une solution d'hexacyanoferrate de potassium [ $K_3Fe(CN)_6$ ] à 1% (p/v).
- Incuber les mélanges à 50 °C pendant 30 minutes.
- Ajouter 1,25 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 10% (p/v) à chaque tube.
- Centrifuger les tubes à 2000 tr/min pendant 10 minutes.
- Prélever 0,625 ml du surnageant de chaque tube.
- Mélanger le surnageant avec 0,625 ml d'une solution de chlorure ferrique ( $FeCl_3$ ) à 1% (p/v).
- Laisser les mélanges réactionnels au repos à l'abri de la lumière pendant 10 minutes.
- Mesurer l'absorbance de chaque solution à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.



**Figure 16.** Mécanisme réactionnel du test Pouvoir réducteur (FRAP),  
(Shalaby et Shanab, 2013).

### **2.3.2. Activité anti-inflammatoire**

La dénaturation des protéines est un facteur bien établi dans le déclenchement de l'inflammation, contribuant ainsi au développement de diverses maladies inflammatoires. Afin d'évaluer l'activité anti-inflammatoire des extraits de la plante, nous avons appliqué le test d'inhibition de la dénaturation thermique des protéines décrit par Karthik *et al.* (2013) avec quelques modifications.

Le principe repose sur l'inhibition de la dénaturation de la BSA, induite par la chaleur (72 °C), par les extraits de la plante.

Conformément au protocole établi, le processus se déroule selon les étapes suivantes :

- Dissoudre le diclofénac (standard) et les extraits dans l'eau distillée pour obtenir une solution à 1 mg/ml, puis réaliser des dilutions variant de 0,2 à 1 mg/ml.
- Préparer une solution de BSA à 0,05% (p/v) dans le tampon Tris-HCl (0,05 M, pH 6,6). Ajouter 0,6 ml de cette solution à 0,4 ml de chaque dilution.
- Incuber le mélange à 37 °C pendant 15 minutes, puis à 72 °C pendant 5 minutes.
- Laisser refroidir, puis mesurer l'absorbance à 660 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation de la BSA est calculé selon la formule suivante :

$$\text{PI (\%)} = [(\text{DO Contrôle} - \text{DO Échantillon})] / \text{DO Contrôle}$$

Où :

DO Échantillon : Absorbance de l'échantillon ou standard (test).

DO Contrôle : Absorbance du BSA seule.

### **2.3.3. Evaluation de l'activité antibactérienne**

Le protocole d'évaluation de l'efficacité antibactérienne des extraits de *D. viscosa* comporte une analyse des zones d'inhibition de croissance des souches bactériennes autour des trous contenant l'extrait. Cette approche permet d'évaluer l'activité antibactérienne de *D. viscosa* contre quatre espèces bactériennes : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus sp* et *Staphylococcus aureus*. Ces dernières sont fournies par le docteur CHORFIA (Maitre de conférences à l'université de Constantine 1).

**A. Milieux de culture utilisée**

Selon les méthodes employées, les milieux de culture suivants ont été utilisés : gélose Mueller-Hinton et gélose nutritive (GN)

**B. Réactivation des souches testées**

Les souches bactériennes testées ont été repiquées à partir des boîtes de conservation en utilisant la méthode des stries, sur la gélose nutritive à l'aide d'une anse de platine. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 heures afin d'obtenir des cultures jeunes, adaptées aux tests ultérieurs.

**C. Préparation de l'inoculum bactérienne**

Après 24 heures d'incubation à 37 °C, une ou deux colonies bien isolées et morphologiquement identiques de chaque souche bactérienne sont prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile et transférées dans des tubes contenant de l'eau physiologique stérile à 0,9 %. Les suspensions bactériennes sont ensuite agitées au vortex afin d'obtenir une turbidité voisine de celle de l'échelle de McFarland 0,5 (environ 10<sup>7</sup> cellules/ml).

**D. Ensemencement**

Les écouvillons ont été trempés dans chaque suspension bactérienne et utilisés pour ensemencer uniformément la surface du milieu Mueller-Hinton préalablement coulé dans des boîtes de Petri.

**E. Étude qualitative des extraits analysés par la méthode des trous**

C'est la technique de base utilisée pour étudier la capacité d'une substance à exercer un effet antimicrobien, est également appelée : méthode de diffusion en milieu gélosé par trous pour la détermination des extraits actifs.

Tout d'abord, différentes concentrations des extraits testés (25 ; 50 ; 100 et 200 mg/ml) ont été préparées en utilisant le DMSO stérile. Ensuite, le milieu de culture gélosé Mueller-Hinton a été coulé aseptiquement dans des boîtes de Petri. Après solidification, toute la surface de ces boîtes a été ensemencée uniformément à l'aide d'un écouvillon stérile trempé dans les suspensions bactériennes standardisées.

Après un séchage de la surface d'environ 5 min, des trous de 6 mm ont été creusés à l'aide d'une pipette Pasteur. Ensuite, 50 µl de chaque concentration des extraits ont été délicatement déposés dans chaque trou à l'aide d'une micropipette.

Parallèlement, un autre puits au centre de la boite a été réalisé pour déposer le DMSO (50µl) comme témoin négatif, afin de confirmer sa non-activité sur les germes. Dans une autre boite, une solution d'antibiotique acide cluvanique (Augmentin) à la concentration de 1 mg/ml a été utilisée comme témoin positif. Les boites de Pétri ont ensuite été placées à basse température (+ 4°C) pendant 15 à 30 min afin de permettre la pré-diffusion des extraits dans la gélose avant que les bactéries ne commencent à se multiplier. Ultérieurement, les boites ont été retirées du réfrigérateur et les incubées à 37°C pendant 24 heures (Toty *et al.*, 2013). Après incubation, les zones d'inhibition bactérienne autour des puits ont été mesurées en millimètres afin d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits testés.

### **3. Traitement et analyse statistique**

- **Pour l'enquête ethnobotanique**, les données enregistrées sur les fiches d'enquêtes ont été traitées et saisies dans le logiciel Excel. Pour les analyser, on a utilisé des méthodes simples de statistiques descriptives. On a ensuite exprimé ces données sous forme de cercles relatifs.
- **Pour l'étude phytochimique**, les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  erreur standard. Les représentations graphiques ont été réalisées à l'aide du logiciel EXCEL, tandis que les valeurs de IC50 ont été déterminées graphiquement à l'aide du logiciel GRAPH PAD Prism (Version 8.4.0). De plus, une analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS (version 20), suivie du test *post-hoc* de Student-Newman-keuls (S-N-K) pour déterminer la signification statistique des différences entre les différents extraits étudiés.



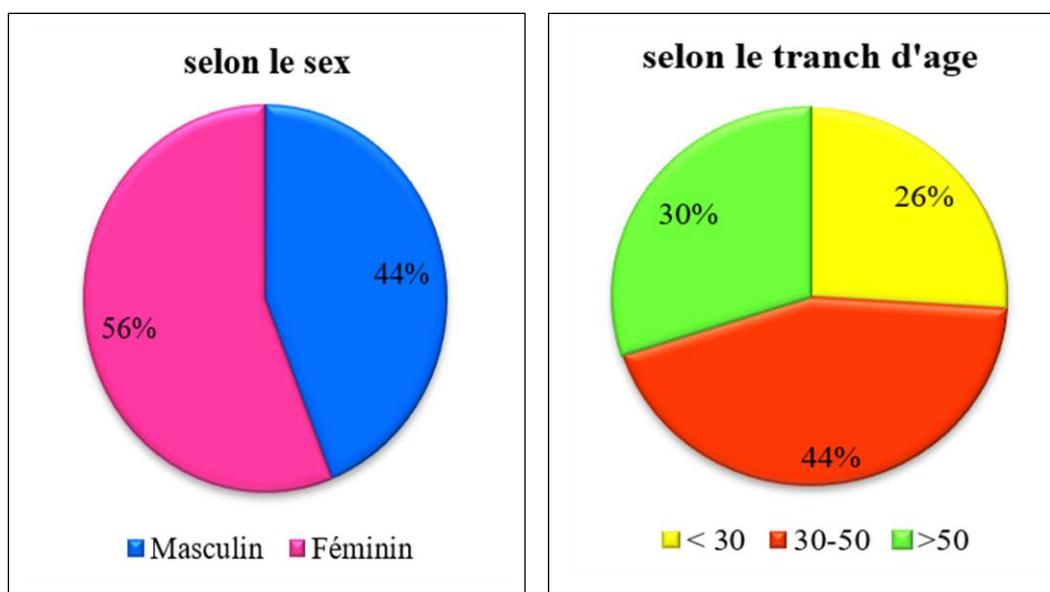
## **Chapitre III :**

# **Résultats et discussion**

## **1. Étude ethnobotanique**

### **1.1. Description de la population étudiée**

L'analyse sociodémographique des répondants révèle une légère prédominance des femmes (56 %) par rapport aux hommes (44 %), ce qui pourrait refléter une implication plus marquée des femmes dans la transmission et l'usage des savoirs ethnobotaniques. Concernant la répartition par âge, la majorité des participants se situe dans la tranche des 30 à 50 ans (42 %), suivie par les personnes âgées de plus de 50 ans (30 %), soulignant ainsi que ces connaissances sont principalement détenues par des adultes d'âge mûr et des seniors, témoignant de leur caractère intergénérationnel. Sur le plan éducatif, les répondants présentent une grande diversité de niveaux académiques, avec une proportion importante d'analphabètes et de personnes ayant un niveau primaire, ce qui démontre que l'usage des plantes médicinales est un savoir traditionnel transmis oralement, indépendant du niveau scolaire formel. Par ailleurs, bien que l'usage des plantes médicinales soit souvent associé au monde rural, les résultats indiquent que 58 % des participants résident en milieu urbain, contre 42 % en milieu rural, ce qui souligne que cette pratique persiste également de manière significative en milieu urbain (Annex 02).

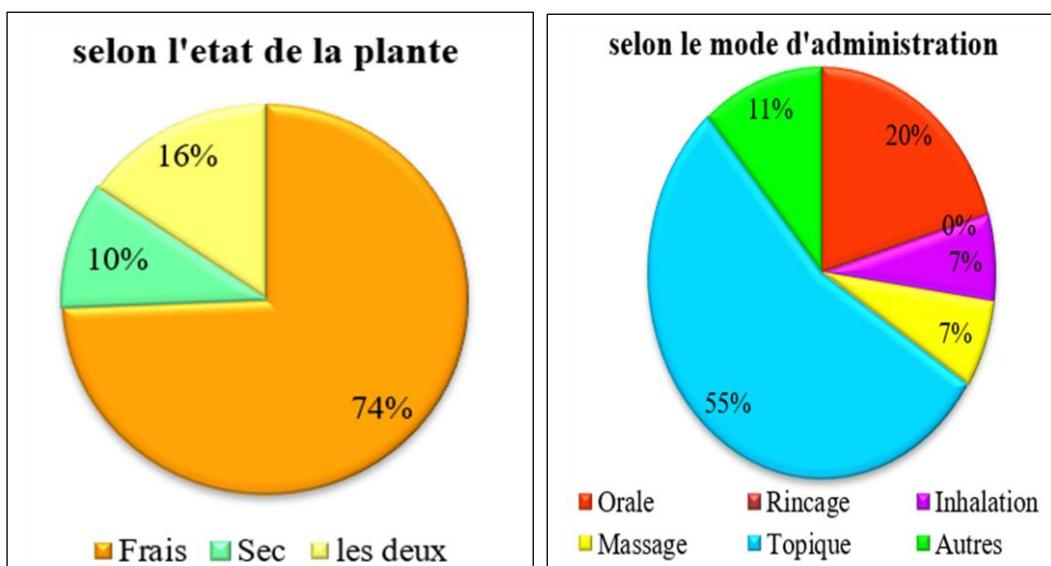


**Figure 17.** Caractéristiques socio-démographiques des répondants.

### **1.2. Description de la plante étudiée**

L'enquête ethnobotanique sur *D. viscosa* met en évidence une prédominance de l'utilisation de la plante sous forme fraîche (74 %), en raison de sa disponibilité immédiate et de l'efficacité de ses principes actifs. Les feuilles constituent la partie la plus utilisée (65 %), confirmant

leur richesse en composés bioactifs. Parmi les modes de préparation, les cataplasmes sont largement privilégiés (54 %), notamment pour le traitement des affections cutanées et inflammatoires, tandis que les infusions (16 %), fumigations et autres formes témoignent d'une diversité d'usages selon les besoins. Concernant les modes d'administration, l'application topique est la plus fréquente (55 %), suivie de l'usage oral (20 %), l'inhalation et le massage étant plus marginaux. L'étude montre également une large gamme d'affections traitées, dont une majorité (59 %) entre dans la catégorie « autres », indiquant une polyvalence thérapeutique. Les troubles digestifs représentent la seconde catégorie la plus fréquente (18 %), suivis des affections inflammatoires, nerveuses et infectieuses (Annex 02).



**Figure 18.** Synthèse des usages ethnobotaniques de *D. viscosa*.

Malgré la taille modeste de la population étudiée, qui se limite à cinquante individus, il a néanmoins été possible de recueillir de nombreuses informations pertinentes concernant les usages traditionnels de la *D. viscosa* par les populations locales dans le traitement de diverses affections. Les données recueillies, relatives aux parties de la plante utilisées, aux méthodes de préparation et d'administration, ainsi qu'aux maladies traitées, constituent une source précieuse de savoir ethno-pharmacologique local. Ces résultats pourraient avoir des implications notables dans le domaine de la recherche de nouvelles sources de médicaments, ainsi que dans la valorisation des connaissances traditionnelles.

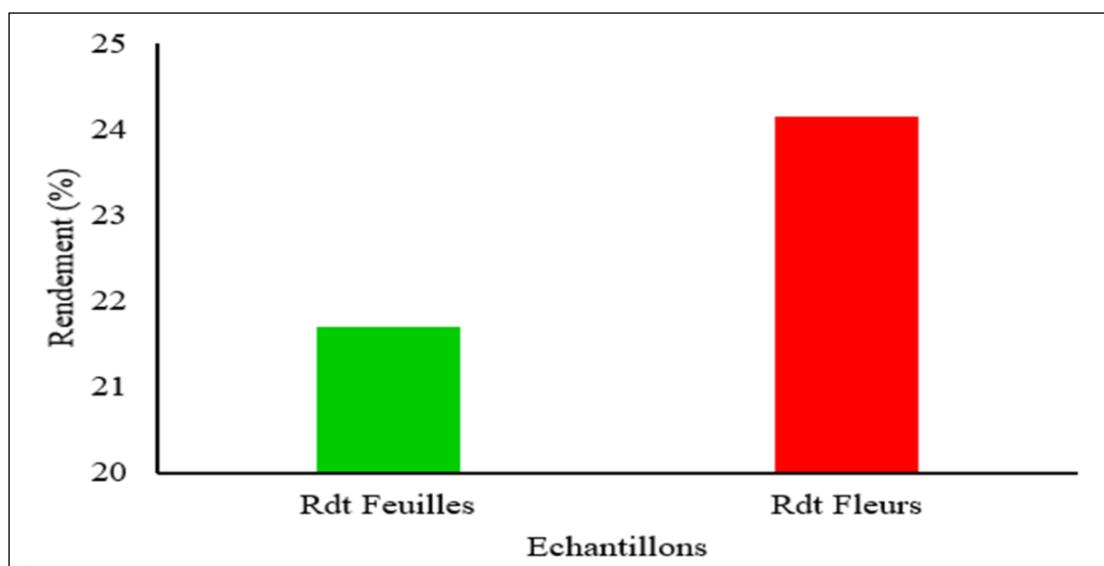
Afin de mieux contextualiser ces résultats, il serait pertinent de s'appuyer sur les conclusions d'études similaires menées dans d'autres régions d'Algérie ou portant sur des flores apparentées.

À titre d'illustration, une investigation conduite par Souilah *et al.* (2022) dans la région de Skikda a mis en lumière les usages traditionnels des plantes médicinales, révélant un riche corpus de connaissances concernant les espèces indigènes et leurs applications thérapeutiques ancestrales. Dans une perspective similaire, une étude menée par Meddour et Ouyessad (2020) dans la région du Djurdjura a recensé les plantes utilisées pour traiter un éventail diversifié de maladies, comprenant les troubles digestifs, cutanés, métaboliques, respiratoires et urinaires, ainsi que les douleurs rhumatismales. En complément, une enquête ethnobotanique réalisée par Ouelbani *et al.* (2016) à Constantine et Mila a identifié 28 nouvelles espèces de plantes médicinales et 369 nouvelles utilisations de 75 plantes déjà connues, soulignant la richesse du savoir phytothérapeutique dans la région méditerranéenne.

## **2. Rendement d'extraction**

Dans un premier temps, il convient de noter que l'extrait obtenu après évaporation complète du solvant se présente sous une forme solide à pâteuse, de couleur sombre et dégage une forte odeur caractéristique.

La figure 19 met en lumière une comparaison quantitative du rendement des extraits obtenus à partir de deux organes distincts de la plante étudiée. Ces organes sont, comme indiqué précédemment, les feuilles, désignées par ‘Rdt feuilles’, et les fleurs, désignées par ‘Rdt fleurs’. L'analyse des mesures obtenues par les barres révèle une différence significative. En effet, le rendement issu des fleurs, qui s'élevait à environ 24,15 %, dépassait de manière significative celui des feuilles, qui se chiffrait aux alentours de 21,70 %.



**Figure 19.** Rendement des extraits de feuilles et de fleurs de la plante.

Le rendement d'extraction est fonction de plusieurs facteurs, parmi lesquels on peut citer l'espèce végétale, l'organe utilisé, les conditions de séchage, le type de solvant employé ainsi que la méthode d'extraction. Il a été démontré que la composition chimique de chaque organe végétal est unique (Zbadi *et al.*, 2018), et que le choix du solvant influe sur les composés extraits. En outre, Il est important de souligner que L'utilisation combinée de l'eau et d'un solvant organique peut améliorer le processus extractif en favorisant la dissolution des composés présentant des affinités pour ces deux types de milieux (Do *et al.*, 2014). Enfin, la méthode d'extraction mise en œuvre, qu'elle repose sur des principes de diffusion passive (macération), de recirculation à chaud (Soxhlet) ou d'assistance énergétique (ultrasons, micro-ondes), influence l'efficacité de rupture des structures cellulaires et le transfert de masse des composés vers la phase extractante.

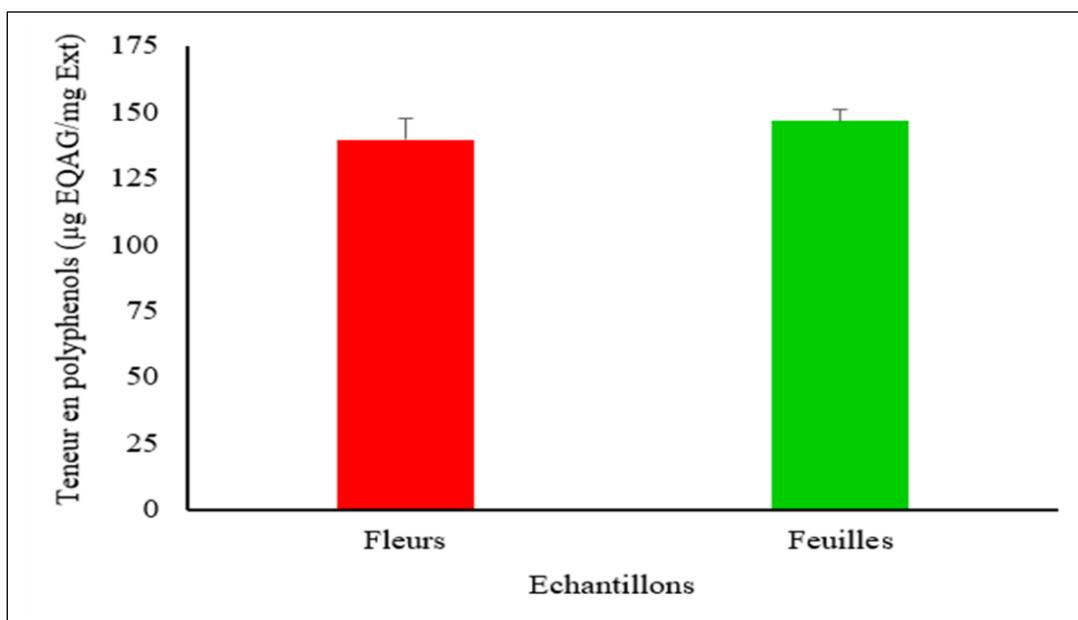
Globalement, nos résultats s'inscrivent dans une cohérence substantielle avec ceux rapportées par Salim *et al.* (2017). Ces chercheurs ont réalisé des extractions méthanoliques par macération à température ambiante à partir des parties aériennes (feuilles et fleurs) de *D. viscosa*, collectée à Hébron, en Palestine. Leurs investigations ont révélé des rendements respectifs de 16,02 % pour les feuilles et de 11,12 % pour les fleurs. La divergence observée avec nos propres résultats pourrait s'expliquer par des facteurs tels que la provenance géographique de la plante, le stade phénologique au moment de la récolte, ou encore les conditions spécifiques d'extraction mises en œuvre.

### **3. Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes**

#### **3.1. Teneur en polyphénols**

La teneur en polyphénols a été déterminée à l'aide de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, et les résultats subséquents ont été exprimés en microgrammes d'équivalent acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EQAG/mg Ext}$ ) (Annexe 02).

L'analyse des données illustrées dans la figure 20 révèle que l'extrait de feuilles présente une teneur en polyphénols légèrement supérieure, quantifiée à  $146 \pm 4,555 \mu\text{g EQAG/mg Ext}$ , comparativement à l'extrait de fleurs, dont la teneur s'établit à  $139 \pm 8,29 \mu\text{g EQAG/mg Ext}$ .



**Figure 20.** Quantification des polyphénols totaux dans les extraits végétaux.

Selon Ennacerie *et al.* (2019), la teneur en polyphénols des plantes fluctue en fonction de l'organe étudié. Cette observation est corrélée à la distribution des métabolites secondaires et aux conditions environnementales (climatiques et édaphiques) qui stimulent leur biosynthèse. Cette variabilité est également influencée par des facteurs liés à la matière première, notamment son stade de maturité physiologique, ainsi que par les paramètres opératoires de l'extraction, tels que la durée du séchage et de la macération (Koné *et al.*, 2017 ; Osorio-Tobón, 2020).

Les résultats obtenus dans le contexte de cette étude s'alignent harmonieusement avec les conclusions d'Ennacerie *et al.* (2019), qui ont mis en évidence la richesse en polyphénols de *D. viscosa*. Cette concordance renforce la validité de nos propres observations et souligne le potentiel significatif de cette plante en tant que source importante de composés bioactifs.

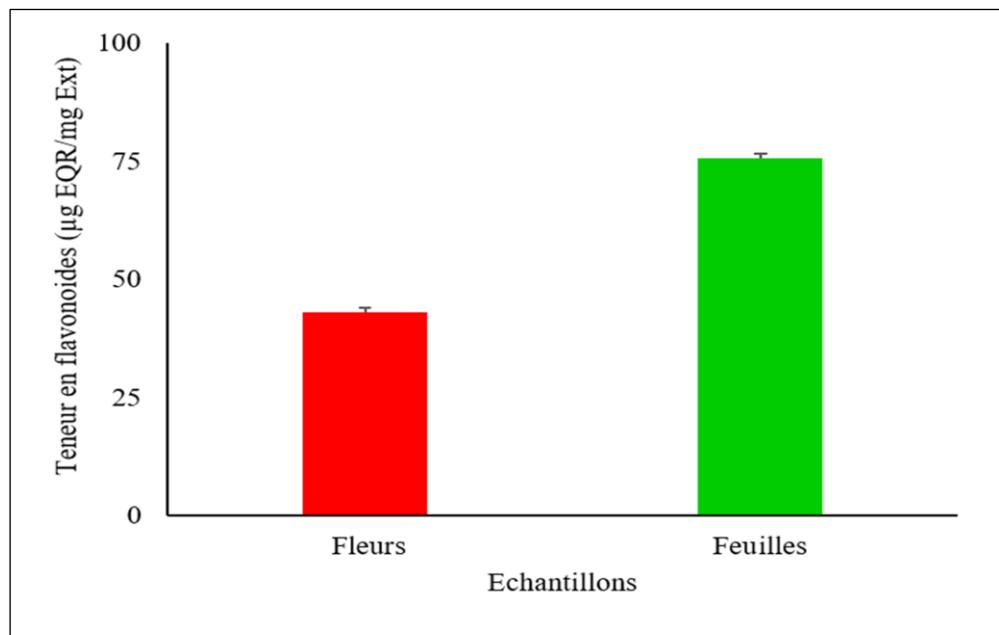
En comparant les résultats obtenus au cours de la présente étude avec ceux obtenus par Salim *et al.* (2017), qui ont rapporté une teneur en polyphénols de 152,7 mg EQAG/g d'extrait pour les feuilles et de 173,1 mg EQAG/g pour les fleurs de *D. viscosa*, nos données confirment que la variabilité du contenu en polyphénols est fortement tributaire non seulement de l'organe analysé, mais également des conditions environnementales spécifiques à la région de récolte et du solvant d'extraction utilisé.

A cet égard, il convient de noter que ces résultats demeurent relatifs et ne constituent qu'une estimation de la teneur en polyphénols. En premier lieu, le réactif de Folin-Ciocalteu, bien que largement utilisé, présente un inconvénient majeur pour l'analyse colorimétrique en raison de sa sensibilité étendue. Il est susceptible de réagir avec tous des groupes hydroxyles présents dans la solution, et non exclusivement avec ceux des composés phénoliques. De plus, il agit également comme un agent réducteur vis-à-vis de certains sucres et protéines, ce qui peut potentiellement induire une surestimation de la teneur en polyphénols (Ennacerie *et al.*, 2019).

### **3.2. Teneur en flavonoïdes**

La teneur en flavonoïdes a été déterminée en s'appuyant sur la courbe d'étalonnage de la rutine, et les résultats subséquents ont été exprimés en microgrammes d'équivalent rutine par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EQR/mg Ext}$ ) (Annexe 02).

En examinant la figure 21 il apparaît que l'extrait de feuilles présente une concentration en flavonoïdes nettement plus élevée, estimé à  $75,606 \pm 1,127 \mu\text{g EQR/mg Ext}$ , par rapport à celle de l'extrait de fleurs, qui s'établit à  $43,142 \pm 0,855 \mu\text{g EQR/mg Ext}$ . Cette différence notable suggère une accumulation préférentielle de flavonoïdes dans les feuilles de la plante étudiée.



**Figure 21.** Quantification des flavonoïdes dans les extraits végétaux.

Les résultats obtenus au cours de cette étude s'inscrivent en parfait accord avec les conclusions de Falleh *et al.* (2021), qui ont mis en évidence une tendance similaire de la teneur en flavonoïdes par rapport à la teneur totale en polyphénols en fonction du solvant et de la méthode d'extraction, avec un effet plus modéré de l'origine géographique des plantes.

Le choix de focaliser l'étude sur cette classe spécifique de polyphénols s'explique par leur prépondérance au sein de la vaste catégorie des composés phénoliques, qui englobe à ce jour plus de 5 000 structures distinctes (Gómez-Caravaca *et al.*, 2006). Cette abondance structurelle et quantitative souligne l'importance des flavonoïdes dans le métabolisme secondaire des plantes et leur potentiel applicatif.

Une analyse par chromatographie liquide haute performance (HPLC) menée par Gökbulut *et al.* (2013) a révélé la présence de rutine dans les extraits méthanoliques des feuilles ( $0,112 \pm 0,004$  mg/g) et des fleurs ( $0,074 \pm 0,005$  mg/g) de *D. viscosa*. Il est notable que, la concentration de rutine s'est avérée significativement plus élevée dans les feuilles, confortant ainsi les résultats obtenus dans le cadre de notre étude et suggérant une distribution spécifique de ce flavonoïde au sein de la plante.

## **4. Les activités biologiques**

### **4.1. Activité antioxydante**

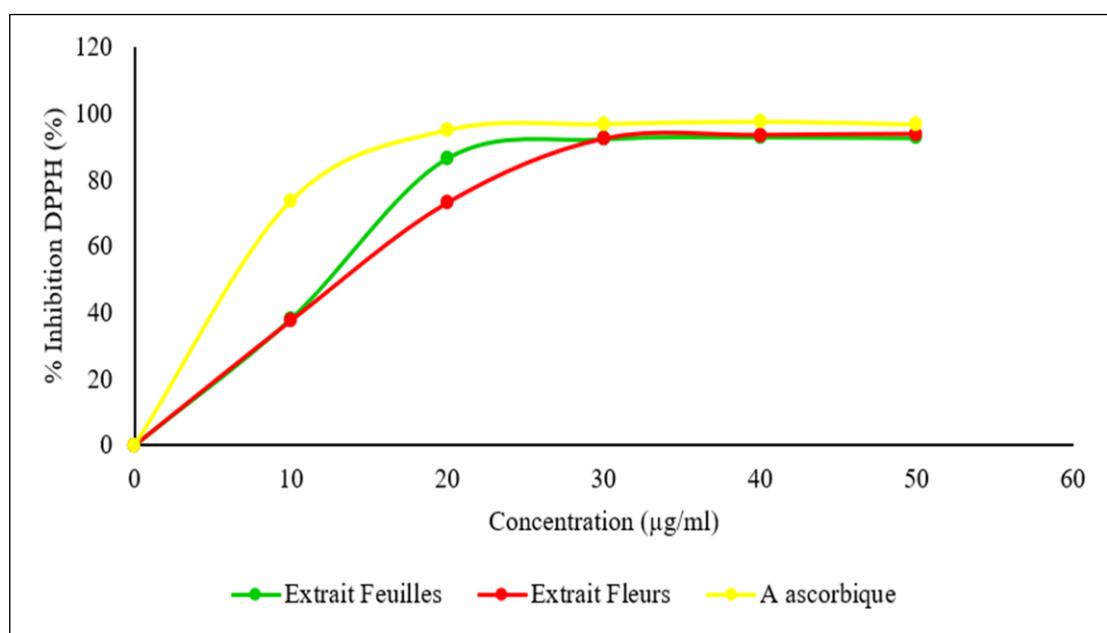
En raison de la complexité des processus d'oxydation, il apparaît clairement qu'une seule méthode d'analyse s'avère insuffisante pour caractériser de manière exhaustive le potentiel antioxydant d'un échantillon. Il est donc impératif de combiner plusieurs tests complémentaires afin d'obtenir des résultats cohérents et représentatifs de l'activité globale. Cette approche intégrée permet de surmonter les limitations inhérentes à chaque méthode et d'offrir une évaluation plus exhaustive et nuancée des propriétés antioxydantes étudiées. Dans le cadre de notre étude, nous avons porté notre travail sur deux tests : le DPPH (2,2-diphénol-1-picrylhydrazyle) et le FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).

#### **4.1.1. Test de DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl)**

L'évaluation de l'activité antioxydante a été réalisée selon la méthode du DPPH (2,2-diphénol-1-picrylhydrazyle), en utilisant l'acide ascorbique comme témoin positif de référence. Nos résultats ont permis de tracer la courbe du pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations croissantes des extraits et du standard.

La figure 22 expose une courbe dose-réponse qui illustre le pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration pour trois échantillons testés à savoir l'extrait de fleurs, l'extrait de feuilles et l'acide ascorbique.

L'analyse de cette figure met en exergue une augmentation de l'activité antioxydante des trois échantillons étudiés, proportionnelle à l'accroissement de leur concentration. Cette observation est cohérente avec le principe selon lequel une concentration plus élevée de substances antioxydantes favorise un piégeage plus efficace des radicaux DPPH. L'examen des données révèle que les trois courbes tendent vers un plateau, suggérant qu'au-delà d'un certain seuil de concentration, l'ajout de substance n'entraîne plus une augmentation significative de l'inhibition du DPPH. Cette stagnation laisse entendre une saturation des sites réactionnels avec le DPPH ou une disponibilité limitée de ce radical.

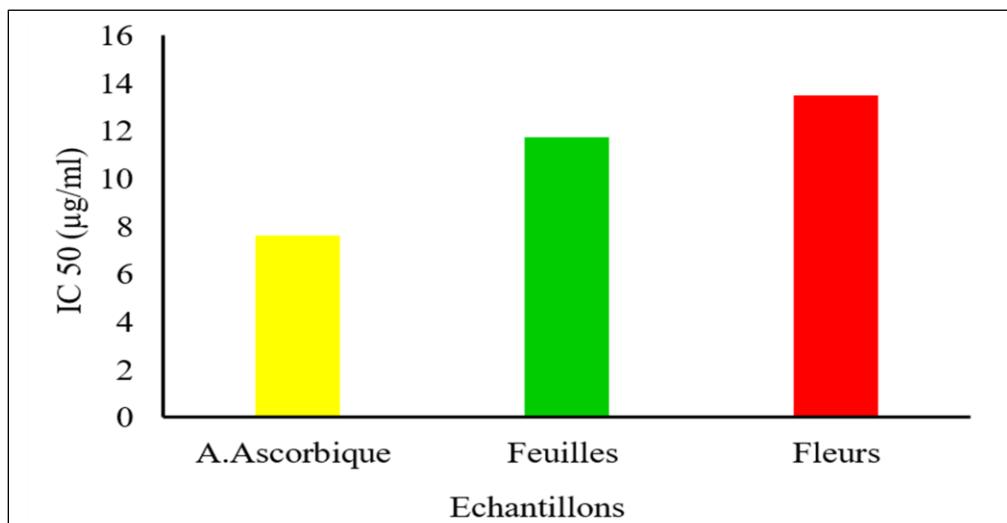


**Figure 22.** Courbes des pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration des extraits.

Dans la plage de concentration de 0 à 30  $\mu\text{g/ml}$ , l'acide ascorbique se révèle être l'antioxydant le plus performant. L'analyse de l'extrait de fleurs montre une augmentation rapide de son activité, atteignant un niveau d'inhibition très proche de celui de l'extrait de feuilles à 30  $\mu\text{g/ml}$ . Les résultats de l'étude démontrent que l'extrait de feuilles présente une activité légèrement supérieure à celle de l'extrait de fleurs aux concentrations de 10 et 20  $\mu\text{g/ml}$ . Néanmoins, à la concentration de 30  $\mu\text{g/ml}$ , l'efficacité des deux extraits devient comparable.

- **Détermination des CI50**

Pour mieux comprendre le pouvoir antioxydant de nos extraits, nous avons déterminé la valeur de l'IC50 ( $\mu\text{g/ml}$ ), qui est définie comme la concentration de l'extrait antioxydant nécessaire pour inhiber et réduire de 50 % le radical DPPH $\cdot$ . Les valeurs d'IC50 calculées nous ont permis d'évaluer et de comparer l'efficacité des extraits : plus la valeur est petite, plus l'activité antioxydante à piéger les radicaux libres est élevée. Les valeurs d'IC50 des différents extraits sont illustrées dans la figure 23.



**Figure 23.** Histogramme représentant les valeurs des CI50 des extraits et standards obtenus par le test DPPH.

La figure 23 révèle clairement l'ordre du pouvoir antioxydant des trois échantillons étudiés. En tête, l'acide ascorbique se distingue comme l'antioxydant le plus puissant. Il est suivi par l'extrait de feuilles, qui présente une activité antioxydante notable, bien qu'inférieure à celle de l'acide ascorbique. En dernière position, l'extrait de fleurs affiche le pouvoir antioxydant le moins important comparativement aux deux autres échantillons.

Pour corroborer ces résultats, une ANOVA à un facteur a été réalisée. Ce test s'appuie sur les valeurs D'IC50 obtenus. Le test d'homogénéité des variances donne une statistique de Levene de 2,781 (Sig. = 0,140), ce qui exprime une égalité des trois variances.

**Tableau 06.** Test d'homogénéité des variances (DPPH).

Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
2,781	2	6	0,140

L'ANOVA met en évidence une différence significative dans la capacité d'inhibition du DPPH entre les trois échantillons testés ( $F = 899,076$  ;  $p < 0,001$ ) (Tableau 01, Annexe 02). Le test *post-hoc* de S-N-K permet de diviser les extraits en trois groupes distincts : l'acide ascorbique (groupe 1), l'extrait de feuilles (groupe 2) et l'extrait de fleurs (groupe 3). Cette division met en évidence des comportements d'inhibition du DPPH significativement différents pour chaque extrait.

**Tableau 07.** Groupes homogènes selon le test de S-N-K (DPPH).

Échantillons	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
Acide Ascorbique	3	7,600 <sub>A</sub>		
Ext Feuilles	3		11,752 <sub>B</sub>	
Ext Fleurs	3			13,500 <sub>C</sub>
Signification		1,000	1,000	1,000

Les indications A, B et C indiquent les groupes homogènes.

Les résultats rapportés dans la littérature concernant l'activité antioxydante du *D. viscosa* par différentes chercheurs (Danino *et al.*, 2009 ; Chahmi *et al.*, 2015 ; Mahmoudi *et al.*, 2016 ; Salim *et al.*, 2017 ; Kheyar-Kraouche *et al.*, 2018), ainsi que les données obtenues par Mitic *et al.* (2020) sur l'activité antioxydante d'*Inula oculuschristi*, où le taux de piégeage du radical DPPH atteignait 82,7 %, concordent significativement avec les conclusions de notre propre étude. Cette convergence de résultats est d'autant plus pertinente que la présence de composés pharmacologiquement actifs tels que les acides phénoliques, les terpènes et les glycolipides, identifiés dans *D. viscosa* (Karamenderes et Zeybek, 2000 ; Fontana *et al.*, 2007 ; Danino *et al.*, 2009 ; Andolfi *et al.*, 2013), ainsi que l'hispiduline, une flavone naturelle également présente dans cette espèce (He *et al.*, 2011 ; Xie *et al.*, 2015), appuient l'activité antioxydante substantielle que nous avons enregistrée.

De plus, de nombreuses études ont démontré une corrélation positive entre la concentration totale en composés phénoliques et la capacité de piégeage des radicaux libres (Alali *et al.*, 2007). Ces composés, grâce à leur structure chimique riche en groupements hydroxyle (-OH), sont capables de céder des atomes d'hydrogène qui neutralisent efficacement les radicaux libres, notamment le DPPH. Il est également admis que l'effet antioxydant global

peut être renforcé par l'action synergique des différents composés phénoliques présents (Turkmen *et al.*, 2007).

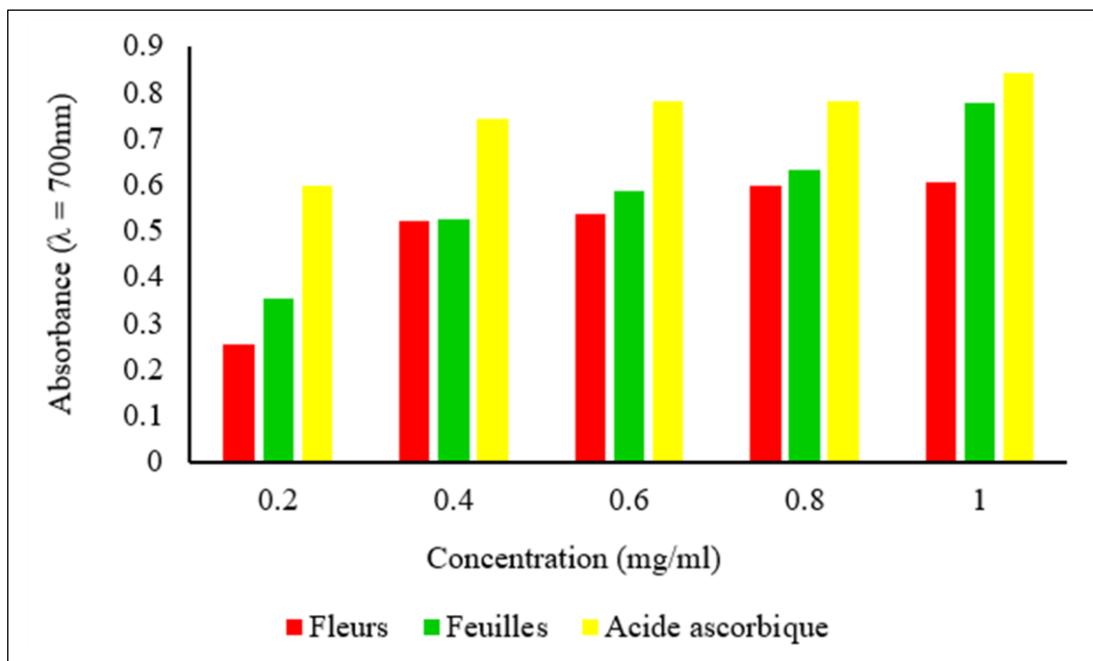
En revanche, bien que l'étude de Gökbüllüt *et al.* (2013) ait souligné l'influence du solvant et de la partie de la plante sur l'activité antioxydante de *D. viscosa*, et que leurs résultats aient révélé des différences dans les valeurs IC50 entre les extraits méthanoliques de fleurs (0,36 mg/ml) et de feuilles (0,42 mg/ml), ces données ne sont pas nécessairement contradictoires avec les nôtres. En employant le même test DPPH et en analysant des parties végétales similaires, leur travail offre un contexte précieux pour l'interprétation de nos résultats. Par conséquent, les données qu'ils ont obtenues peuvent être considérées comme un élément probant soutenant la fiabilité des résultats que nous avons obtenus, d'autant plus que nos propres valeurs se situent dans des gammes comparables à celles qu'ils ont rapportées dans des conditions expérimentales analogues. Leur mise en évidence de l'importance du choix de la partie végétale et du solvant renforce la signification des facteurs méthodologiques dans l'évaluation de l'activité antioxydante et conforte la validité de nos observations.

#### **4.1.2. Test de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)**

La figure 24 illustre les résultats du test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) pour les trois échantillons testés : l'extrait de fleur, l'extrait de feuilles et l'acide ascorbique, sur une série de concentrations. Dans ce test spectrophotométrique, une absorbance plus élevée indique un pouvoir réducteur plus important et, par conséquent, une activité antioxydante accrue.

On observe, de manière générale, que l'absorbance augmente avec l'augmentation de la concentration pour tous les échantillons. Cette observation démontre une relation directe et concentration-dépendante entre la teneur en substance active et son activité antioxydante.

L'acide ascorbique, utilisé comme contrôle positif, présente constamment les valeurs d'absorbance les plus élevées pour toutes les concentrations. Cela en fait l'antioxydant le plus puissant parmi les échantillons testés et confirme la validité et l'efficacité du test. L'extrait de feuilles possède une activité antioxydante notable, ses valeurs se situant entre celles de l'acide ascorbique et celles de l'extrait de fleur. Ceci suggère que l'extrait de feuilles est une bonne source de composés antioxydants, bien que son efficacité soit inférieure à celle de l'acide ascorbique aux concentrations testées. Quant à l'extrait de fleur, il présente les valeurs d'absorbance les plus faibles, indiquant l'activité antioxydante la plus modeste parmi les trois échantillons.

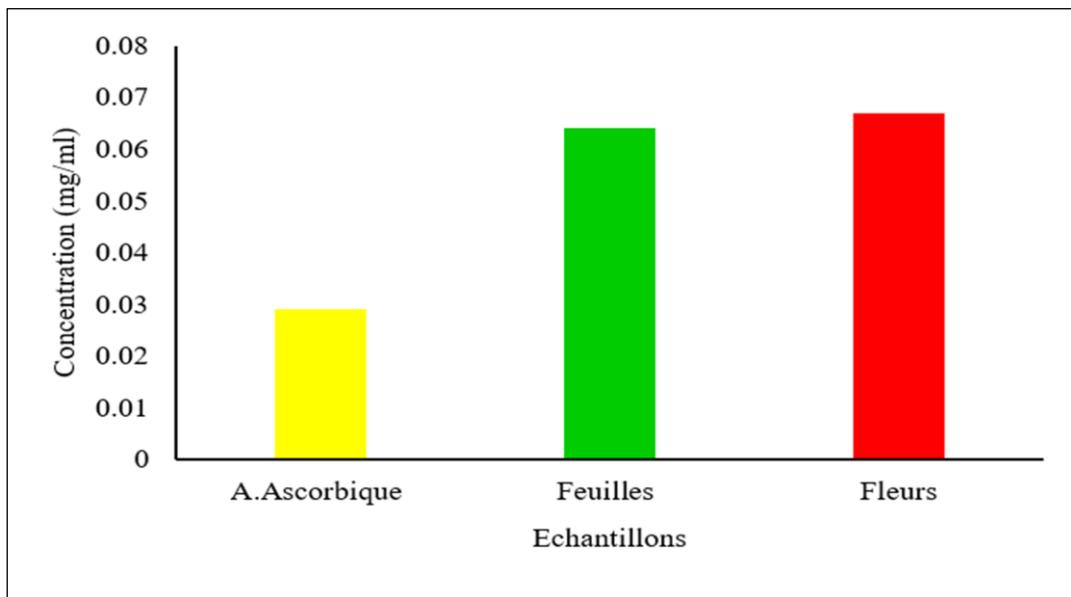


**Figure 24.** Pouvoir antioxydant réducteur (FRAP) des extraits hydroalcooliques de feuilles et de fleurs de *D. viscosa*.

- **Détermination des A0,5**

Selon Sahu *et al.*, 2024, la valeur A0,5 dans le test FRAP représente la concentration d'un antioxydant nécessaire pour atteindre 50 % de l'activité réductrice ferrique maximale. Des valeurs A0,5 plus faibles indiquent une puissance antioxydante plus élevée.

Les résultats de la figure 25 révèlent une disparité en termes de pouvoir réducteur parmi les échantillons analysés. L'acide ascorbique, avec une valeur A0,5 de 0,029 mg/ml, se révèle l'antioxydant le plus efficace, nécessitant une concentration minimale pour atteindre la moitié de son pouvoir réducteur ferrique maximal. L'extrait de feuilles, affichant une valeur A0,5 de 0,064 mg/ml, témoigne d'une activité antioxydante significative, bien qu'inférieure à celle du standard. En queue de classement, l'extrait de fleurs, avec une valeur A0,5 de 0,067 mg/ml, présente l'activité antioxydante la plus modeste. En conclusion, l'ordre de puissance antioxydante décroissante est le suivant : acide ascorbique > extrait de feuilles > extrait de fleurs, avec une différence légère entre les activités des extraits de feuilles et de fleurs.



**Figure 25.** Concentration correspondant A<sub>0.5</sub> des extraits de *D. viscosa* et d'acide ascorbique.

Afin de vérifier la validité de ces résultats, une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur a été réalisée sur la base des valeurs d'A<sub>0.5</sub>. Le test d'homogénéité des variances de Levene révèle une statistique de 0,000 (Sig. = 1,000), ce qui confirme l'égalité des variances des trois groupes.

**Tableau 08.** Test d'homogénéité des variances (FRAP).

Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
0,000	2	6	1,000

La valeur F observée est de 352,182 ; Sig. = 0,000 (Tableau 02 ; Annexe 02) indique que les trois échantillons présentent des pouvoirs réducteurs significativement différents. Le test *post-hoc* de S-N-K a révélé l'existence de deux groupes (Tableau 09) : un premier groupe constitué par l'acide ascorbique et un second groupe formé par l'extrait de feuilles et l'extrait de fleurs.

**Tableau 09.** Groupes homogènes selon le test de S-N-K (FRAP).

Sous-ensemble pour alpha =			
Échantillons	N	1	2
Acide Ascorbique	3	0,029 <sub>A</sub>	
Ext Feuilles	3		0,0640 <sub>B</sub>
Ext Fleurs	3		0,0670 <sub>B</sub>
Signification		1.000	0.103

Les indications A et B indiquent les groupes homogènes.

Le pouvoir réducteur du fer (FRAP) est une méthode couramment employée pour évaluer la capacité d'un antioxydant à céder un électron. La présence d'un réducteur (antioxydant) au sein de l'extrait induit la réduction du complexe  $\text{Fe}^{3+}$ /ferricyanure en forme ferreuse (Megdiche-Ksouri *et al.*, 2015).

Les résultats de l'étude menée ont permis de constater une corrélation entre la capacité réductrice du fer et la teneur en polyphénols des extraits hydroalcooliques de feuilles et de fleurs de *D. viscosa*. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Orhan *et al.* en 2017, qui ont également étudié l'effet réducteur du fer des extraits méthanoliques des feuilles et des fleurs de *D. viscosa*.

L'intérêt des chercheurs pour l'activité antioxydante des composés phénoliques est manifeste, (Wu, 2007, Hang *et al.*, 2015). Diverses études ont démontré l'efficacité de ces composés dans le test FRAP, où certains ont surpassé l'acide ascorbique (Wu, 2007). Certains flavonoïdes, tels que la quercétine, ont montré un pouvoir réducteur du fer plus important que le Trolox (Firuzi *et al.*, 2005). D'autres composés phénoliques, comme les dérivés de la quercétine, ont présenté une activité antioxydante significative (Lesjak *et al.*, 2018).

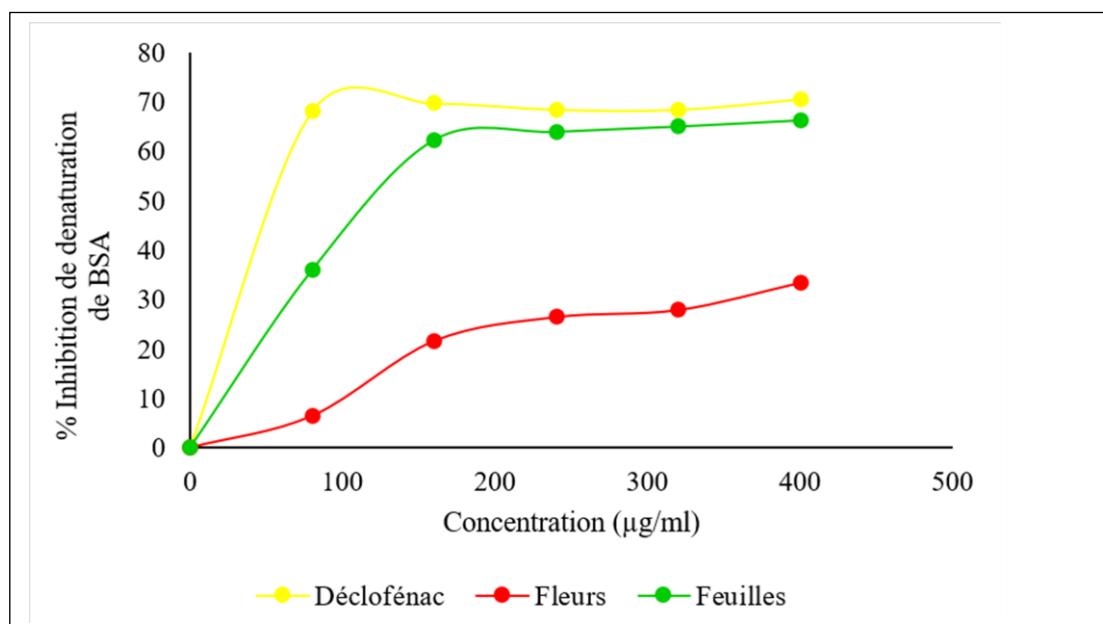
Selon Ouahchia (2018), l'activité antioxydante des plantes dépend de l'espèce, de l'organe utilisé (feuilles, fleurs, graines), des conditions climatiques et des solvants d'extraction.

La présence de composés biologiquement actifs tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes dans les extraits hydroalcooliques des feuilles et des fleurs de *D. viscosa* pourrait donc justifier leur important effet antioxydant. Ces résultats préliminaires ouvrent la voie à des investigations plus approfondies visant à identifier et caractériser les composés bioactifs spécifiques responsables de l'activité antioxydante observée dans ces extraits végétaux.

#### **4.2. Activité anti-inflammatoire**

La figure 26 illustre et compare l'inhibition de la dénaturation de la Sérum albumine Bovine (BSA) induite par le diclofénac, un agent anti-inflammatoire de référence, et deux extraits végétaux : l'un issu de fleurs et l'autre de feuilles, en fonction de diverses concentrations s'échelonnant de 50 à 400  $\mu\text{g}/\text{ml}$ . A premier vue, on note pour les trois substances étudiées une relation dose-dépendante, où l'augmentation de la concentration s'accompagne généralement d'une inhibition accrue. L'observation primordiale révèle la supériorité du diclofénac en termes de pouvoir inhibiteur, atteignant une efficacité maximale d'environ 73% dès la concentration de 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$ . Jusqu'à ce seuil. L'extrait de fleurs, pour sa part, manifeste une activité anti-inflammatoire croissante en fonction de la concentration (par exemple, environ

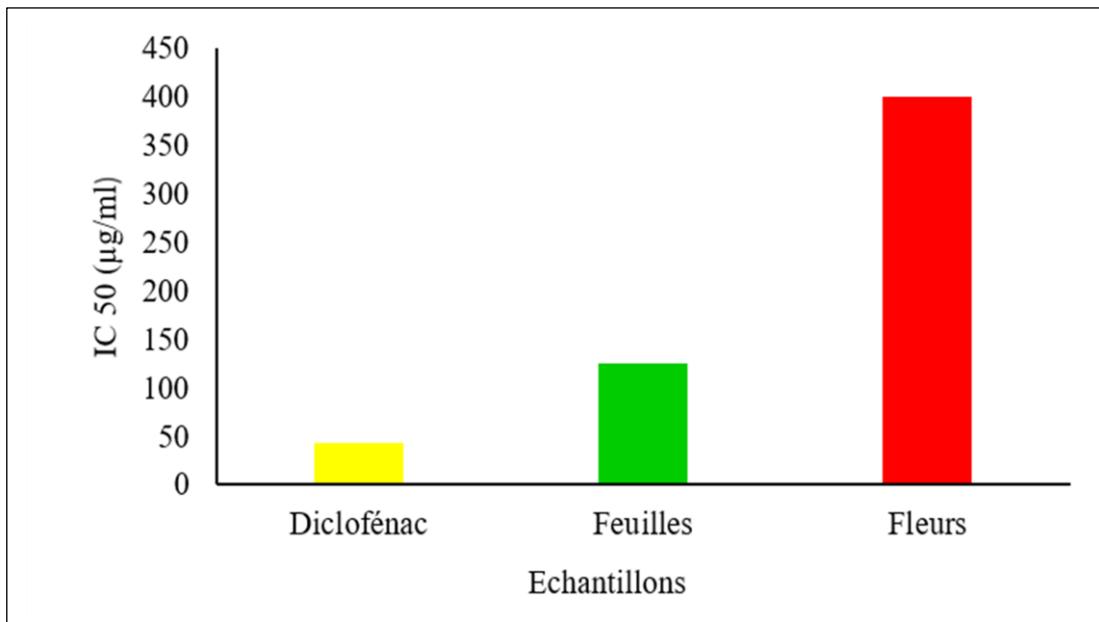
6% à 75 µg/ml et atteignant 33% à 400 µg/ml), mais demeure significativement moins performant que le diclofénac sur l'ensemble des concentrations testées. L'extrait de feuilles se distingue comme un inhibiteur plus puissant que l'extrait floral, avec une augmentation plus rapide de son activité aux faibles concentrations (atteignant 62% à 150 µg/ml), bien qu'il atteigne un plateau à des niveaux inférieurs à ceux du diclofénac (environ 66% à 400 µg/ml). Il est cependant notable que pour les trois substances, les courbes d'inhibition tendent à plafonner aux concentrations les plus élevées, suggérant l'atteinte d'une saturation de l'effet inhibiteur dans les conditions expérimentales définies.



**Figure 26.** Évaluation de l'activité anti-inflammatoire par inhibition de la dénaturation de la BSA.

- **Détermination des IC50**

Les concentrations inhibitrices (IC50), qui quantifient la puissance d'un inhibiteur en mesurant la concentration nécessaire pour réduire de moitié une activité biologique, ont été déterminées pour évaluer l'activité anti-inflammatoire des extraits de feuilles et de fleurs de *D. viscosa*, en comparaison avec le diclofénac, un anti-inflammatoire de référence. Les résultats révèlent une IC50 d'environ 43,57 µg/ml pour le diclofénac, soulignant sa forte efficacité. L'extrait de feuilles présente une IC50 significativement plus élevée, établie à 125 µg/ml, indiquant une activité inhibitrice moindre mais notable. Quant à l'extrait de fleurs, son IC50 dépasse largement 400 µg/ml, suggérant une faible capacité à inhiber l'activité inflammatoire dans les conditions de ce test *in vitro* (Figure 27).



**Figure 27.** Histogramme représentant les valeurs des CI50 des extraits et standards obtenus par l'activité anti-inflammatoire.

Afin de soutenir la différence observée entre les trois substances testées. Une ANOVA à un facteur sa été réalisée (Tableau 10) en se basant sur les valeurs enregistrées d'IC50. Le test d'homogénéité des variances de Levene a généré une statistique de 3,084 (Sig. = 0,120), confirmant ainsi l'égalité des variances.

**Tableau 10.** Test d'homogénéité des variances (anti-inflammatoire).

Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
3,084	2	6	0,120

La valeur F observée de 874276,568, avec une signification statistique de 0,000 (Tableau 03 ; Annexe 02), indique une différence hautement significative entre les trois substances en termes d'inhibition de la dénaturation des protéines. Le test *post-hoc* de Student-Newman-Keuls (S-N-K) a permis de distinguer trois groupes homogènes (Tableau 11) : le 1<sup>er</sup> groupe comprenant le diclofénac, le 2<sup>ème</sup> l'extrait de feuilles et le 3<sup>ème</sup> l'extrait de fleurs. Ces résultats suggèrent que chaque substance exerce un effet inhibiteur significativement différent des autres dans les conditions expérimentales.

**Tableau 11.** Groupes homogènes selon le test de S-N-K (anti-inflammatoire).

Échantillons	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
Diclofénac	3	43,570 <sub>A</sub>		
Ext Feuilles	3		125,000 <sub>B</sub>	
Ext Fleurs	3			400,000 <sub>C</sub>
Signification		1,000	1,000	1,000

Les indications A, B et C indiquent les groupes homogènes.

L'inflammation, un processus complexe, peut être exacerbée par la dénaturation des protéines *in vivo*, entraînant la formation d'auto-antigènes (Barros *et al.*, 2008 ; Bagad *et al.*, 2011). Cette dénaturation résulte de l'altération des liaisons essentielles au maintien de la structure tridimensionnelle des protéines, telles que les interactions électrostatiques, hydrogène, hydrophobes et disulfure (Mizushima *et al.*, 1964 ; Barros *et al.*, 2008).

Face à ce mécanisme, le règne végétal offre un éventail de composés aux propriétés anti-inflammatoires prometteuses. L'acide Hautriwaïque (AH), un diterpène isolé des feuilles de *Dodonaea viscosa*, se distingue par sa puissante activité inhibitrice dans des modèles animaux (Salinas-Sánchez *et al.*, 2012). De même, l'extrait lipidique des feuilles de *D. viscosa*, riche en acides gras essentiels et en tocophérols, démontre une inhibition significative de l'élastase, une enzyme clé dans les processus inflammatoires (Rhimi *et al.*, 2018), confortant l'usage traditionnel de cette plante contre les affections inflammatoires (jerada *et al.*, 2024).

L'efficacité anti-inflammatoire de *D. viscosa* est également étayée par des études modernes révélant ses propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Parallèlement, l'utilisation traditionnelle de *D. viscosa* pour réduire l'inflammation et les œdèmes est cohérente avec la présence d'acides phénoliques et de flavonoïdes dans ses extraits (Baba Aissa, 1990). De nombreuses études ont mis en évidence l'intérêt des acides phénoliques composés bio-actifs comme source de nouveaux anti-inflammatoires (Francisco *et al.*, 2013). Certaines études ont également démontré l'effet anti-inflammatoire des flavonoïdes.

Selon Rotelli *et al.*, 2003 et Wang *et al.*, 2010, la quercétine et la myricétine (isolée à partir des feuilles de *Myrica rubra*) possèdent un important pouvoir de réduction de l'œdème. Morikawa *et al.*, 2003 ; De Pascual- Teresa *et al.*, 2004, ont rapporté que la quercétine entraîne une diminution de La Prostaglandine E2 (PGE2), de la cyclo-oxygénase 2 et de certaines cytokines (TNF-a). Parveen *et al.*, 2007, ont aussi indiqué que le kaempférol isolé à partir de

*Thesium chinense* a une forte activité anti-inflammatoire. Selon Yang *et al.*, 2013, L'isorhamnétine isolée à partir de *Oenanthe javanica* a inhibé nettement l'œdème des pattes arrière des rats. De plus, l'isorhamnétine réduirait l'infiltration cellulaire inflammatoire et inhiberait l'expression de l'oxyde nitrique synthase inducible (iNOS) et la libération de NO dans les cellules stimulées par le Lipopolysaccharide (LPS). L'effet anti-inflammatoire des extraits méthanoliques des feuilles et des fleurs de *D. viscosa* pourrait être dû à la présence de ces acides phénoliques et flavonoïdes.

Ces résultats préliminaires suggèrent que la plante étudiée recèle un potentiel anti-inflammatoire non négligeable, mais nécessitent des investigations approfondies pour identifier précisément les composés bioactifs impliqués et optimiser leurs conditions d'utilisation, notamment par l'exploration de concentrations supérieures afin de déterminer leur potentiel maximal. La comparaison établie avec le diclofénac offre un point de référence essentiel pour évaluer l'efficacité relative de ces sources naturelles.

### **4.3. Activité antibactérienne**

L'activité antibactérienne des extraits végétaux désigne la capacité de substances extraites de plantes à inhiber la croissance ou à tuer des bactéries. Cette propriété fait l'objet d'études approfondies en vue de développer des alternatives naturelles aux antibiotiques et aux agents conservateurs synthétiques, particulièrement dans le contexte actuel de l'escalade de la résistance bactérienne (Alibi *et al.*, 2021). A cet égard, Efenberger-Szmechtyk *et al.* (2021), suggèrent que les mécanismes d'action des principes actifs contenus dans les extraits végétaux peuvent se manifester par la lésion des structures enveloppantes des bactéries, le blocage de leurs processus biosynthétiques essentiels tels que la production de protéines et d'ADN, la perturbation de leur métabolisme vital, ou encore l'empêchement de la formation de biofilms qui renforcent leur résistance.

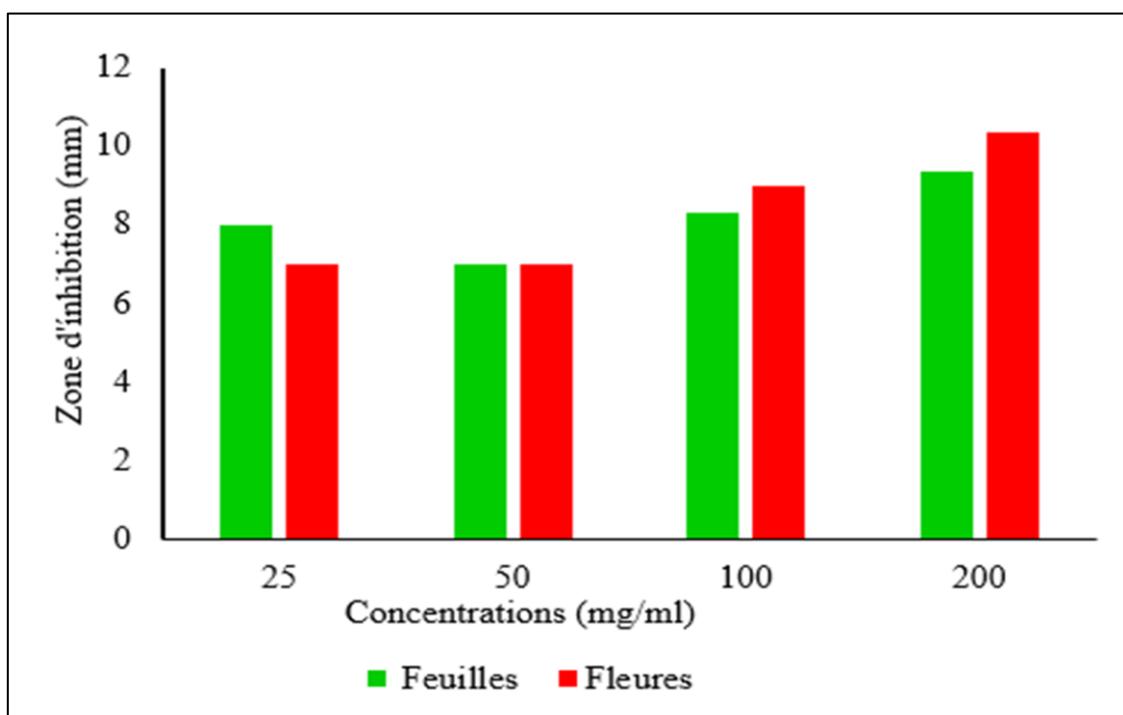
#### **4.3.1. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits testés**

- Contre les bactéries gram négatif**

L'histogramme illustre l'activité antibactérienne des extraits de feuilles et de fleurs de *D. viscosa* contre la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* à différentes concentrations. Globalement, l'activité inhibitrice des deux extraits augmente avec l'accroissement de la concentration. À la concentration la plus élevée testée (200 mg/ml), l'extrait de fleurs présente la plus grande zone d'inhibition (10,3 mm), indiquant une efficacité supérieure à celle de l'extrait de feuilles à la même concentration (9,3 mm). À titre de comparaison, la référence positive, l'antibiotique

Augmentin à une concentration de 1 mg/ml, a montré une zone d'inhibition de 25 mm. Ces résultats suggèrent la présence de composés aux propriétés antibactériennes dans les deux parties de la plante, même si leur efficacité reste inférieure à celle de l'antibiotique de référence utilisé dans l'essai.

Il est important de noter que l'efficacité des extraits de *D. viscosa* varie en fonction de la souche bactérienne testée. En revanche, les mêmes extraits (feuilles et fleurs) se sont révélés inactifs contre la bactérie *Escherichia coli* à des concentrations allant de 25 à 200 mg/ml. Cette variabilité d'efficacité souligne l'importance d'étudier l'activité antimicrobienne des extraits de plantes contre un large éventail de micro-organismes

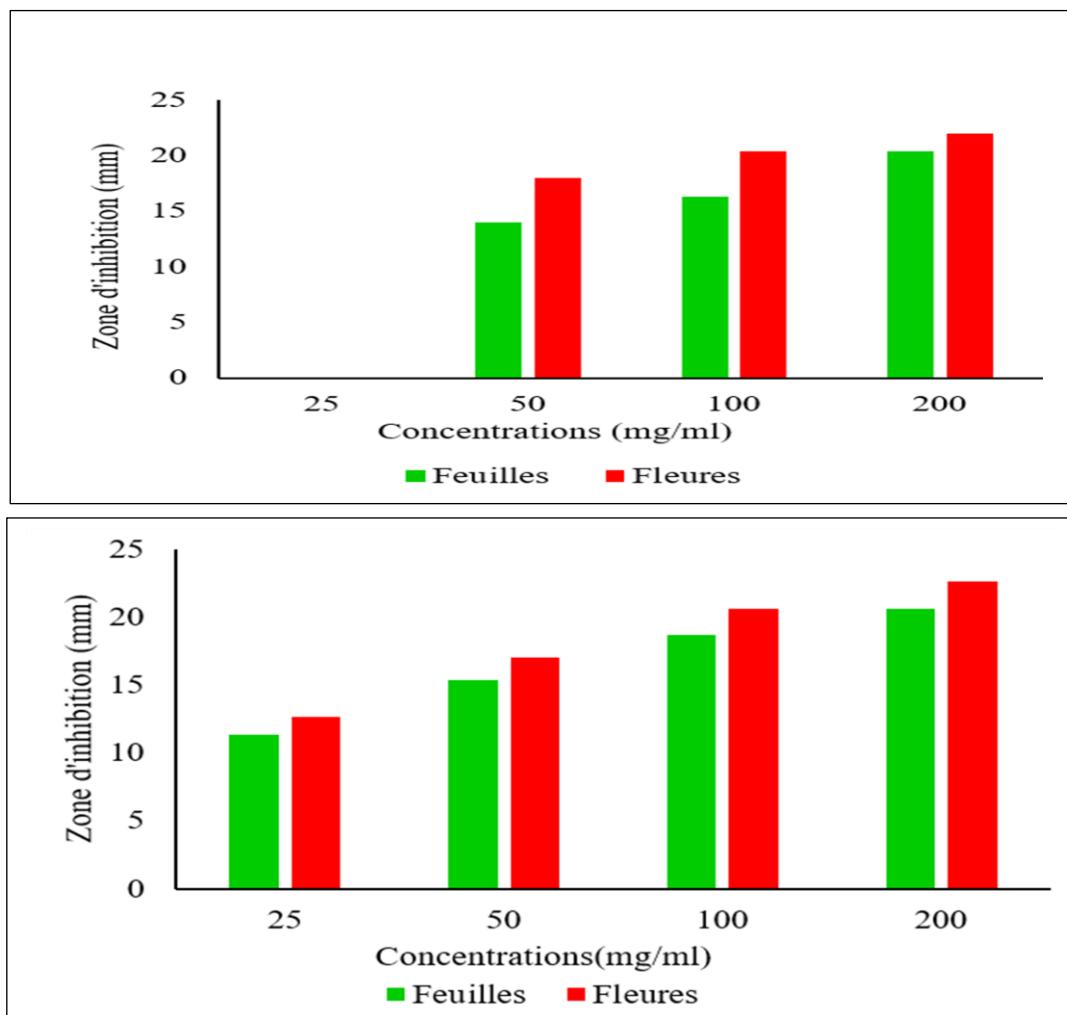


**Figure 28.** Activité antibactérienne des extraits de *D. viscosa* contre *Pseudomonas aeruginosa*.

- **Contre les bactéries gram positif**

La figure 29 illustre l'activité antibactérienne des extraits de feuilles et de fleurs de la plante *D. viscosa* contre deux types de bactéries Gram positives : *Staphylococcus aureus* et *Bacillus sp.*. Pour les deux types, l'activité inhibitrice des deux extraits augmente généralement avec l'augmentation de la concentration. À la concentration la plus élevée (200 mg/ml), l'extrait de fleurs a montré une plus grande efficacité dans l'inhibition de la croissance des deux bactéries par rapport à l'extrait de feuilles. La zone d'inhibition pour l'extrait de fleurs a atteint environ

20 mm contre *Staphylococcus aureus* et environ 23 mm contre *Bacillus sp.*, tandis que les zones d'inhibition pour l'extrait de feuilles étaient d'environ 17 mm et 21 mm respectivement. Ces résultats suggèrent que les extraits de *D. viscosa*, en particulier l'extrait de fleurs, contiennent des composés ayant une activité antibactérienne efficace contre les bactéries Gram positives testées.



**Figure 29.** Activité antibactérienne des extraits de *D. viscosa* contre *Staphylococcus aureus* et *Bacillus sp.*

L'analyse de l'activité antibactérienne des extraits de *D. viscosa* (feuilles et fleurs) contre deux bactéries Gram positif, à savoir *Staphylococcus aureus* et *Bacillus sp.*, révèle des résultats prometteurs en comparaison avec la littérature existante. Nos résultats ont montré une zone d'inhibition maximale d'environ 20 millimètres pour l'extrait de fleurs à une concentration de 200 milligrammes par millilitre, et d'environ 17 millimètres pour l'extrait de feuilles à la même concentration contre *Staphylococcus aureus*. Ces valeurs sont comparables aux 15 mm rapportés pour l'extrait total du *D. viscosa* (Najefi *et al.*, 2011) et aux 12 mm pour son extrait

méthanolique (Ozkan *et al.*, 2019), suggérant une activité au moins équivalente, voire supérieure pour l'extrait de fleurs. Cependant, l'extrait de fleurs de *Citrus aurantium* (Değirmenci et Erkurt, 2020) a démontré une efficacité plus marquée (24 mm), soulignant la variabilité de l'activité en fonction de l'espèce végétale. Concernant le genre *Bacillus* *sp.*, l'extrait de fleurs de *D. viscosa* a induit une zone d'inhibition d'environ 23 mm à 200 mg/ml, tandis que l'extrait de feuilles a montré une inhibition de 21 mm. Ces résultats sont comparables aux 26 mm observés pour l'extrait de fleurs de *Citrus aurantium* contre *Bacillus cereus* (Değirmenci et Erkurt, 2020) et supérieurs aux 17 mm rapportés pour l'extrait aqueux de *Beta vulgaris* contre *Listeria monocytogenes* (Tomar et Yıldırım, 2019), une autre bactérie Gram positif.

Nos observations concernant l'activité plus prononcée de l'extrait de fleurs de *D. viscosa* contre les bactéries Gram positif pourraient s'expliquer par sa composition chimique. Selon Gökbulut (2013), l'extrait de fleurs de *D. viscosa* présente une concentration en acide chlorogénique plus élevée que celui des feuilles. Ce composé phénolique est largement reconnu pour ses propriétés antibactériennes, notamment en agissant sur la perméabilité membranaire des cellules bactériennes. L'abondance en acide chlorogénique dans l'extrait de fleurs pourrait ainsi être un facteur clé de son efficacité accrue.

Cependant, il est crucial de noter que nos résultats ont été négatifs avec la bactérie Gram négatif *Escherichia coli* et modestes avec *Pseudomonas aeruginosa*. Cette absence ou faible activité contre les bactéries Gram négatif peut être attribuée à la structure plus complexe de leur membrane externe, riche en lipopolysaccharides, qui constitue une barrière plus efficace contre la pénétration de nombreuses molécules antimicrobiennes, y compris potentiellement les composés bioactifs présents dans les extraits de *D. viscosa* (Falleh *et al.*, 2021 ; Vandal *et al.*, 2015). La sensibilité des bactéries aux composés bioactifs dépend en grande partie des caractéristiques de leurs membranes, notamment de leur perméabilité.

Les différences observées dans l'activité des extraits végétaux peuvent également être influencées par des variations dans leur composition chimique, lesquelles sont affectées par le type de solvant et la méthode d'extraction utilisés (Ennacerie *et al.*, 2019). Bien que nos résultats sur les bactéries Gram positif soient encourageants et en accord avec certaines données de la littérature, l'absence d'activité significative contre *E. coli* et l'activité limitée contre *P. aeruginosa* soulignent la spécificité potentielle des composés bioactifs de *D. viscosa* et la

nécessité d'explorer davantage leur mécanisme d'action et d'évaluer leur efficacité contre un spectre plus large de bactéries, en tenant compte des caractéristiques de leur paroi cellulaire.

En outre, de nombreuses études (Benkhaira *et al.*, 2025 ; Grauso *et al.*, 2020 ; Mssillou *et al.*, 2022) ont démontré que les extraits et les huiles essentielles de *D. viscosa* constituent un riche réservoir de composés bioactifs, incluant des phénols, des flavonoïdes, des tannins, des sesquiterpènes, des dérivés de l'acide caféïque, ainsi qu'une variété d'acides gras, de phytostérols et de tocophérols. Notamment, les extraits méthanoliques se distinguent par leur forte concentration en dérivés de l'acide caféoylquinique, tandis que les huiles essentielles foliaires renferment des molécules telles que l'oxyde de caryophyllène, le fokiénol et le trans-nérololidol (Zouaghi *et al.*, 2021 ; Rhimi *et al.*, 2017). La présence de cette diversité de composés confère à *D. viscosa* une activité antimicrobienne à large spectre (Zahra *et al.*, 2019), se manifestant par de forts effets inhibiteurs non seulement contre des bactéries Gram positif comme *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus*, mais également contre des bactéries Gram négatif telles que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Salmonella enterica* (Bentarhlia *et al.*, 2024).

Il est également significatif de noter que ces extraits se montrent efficaces contre des souches bactériennes multirésistantes et qu'ils peuvent potentialiser l'action des antibiotiques lorsqu'ils sont utilisés en combinaison, soulignant ainsi le potentiel thérapeutique de *D. viscosa* dans la lutte contre les infections bactériennes, notamment celles impliquant des mécanismes de résistance (Zahra *et al.*, 2019).

Les extraits de *D. viscosa* présentent une activité antibactérienne significative contre un large éventail d'agents pathogènes, y compris des souches résistantes. Leur efficacité est attribuée à un riche profil phytochimique, et ils peuvent potentialiser l'action des antibiotiques conventionnels. Ces propriétés, associées à des effets cicatrisants et antioxydants, mettent en évidence *D. viscosa* comme une source prometteuse d'agents antimicrobiens naturels.

## Conclusion et perspectives

Les plantes médicinales occupent depuis toujours une place centrale dans les pratiques de soin traditionnelles. Grâce à leur richesse en composés bioactifs naturels, elles sont aujourd’hui au cœur de nombreuses recherches scientifiques visant à développer des alternatives thérapeutiques efficaces et mieux tolérées. *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, espèce appartenant à la famille des Astéracées, est une plante largement répandue dans la région méditerranéenne, notamment en Algérie.

Dans ce contexte, notre travail s'est inscrit dans une démarche d'évaluation comparative des propriétés biologiques des extraits hydro-alcooliques (70 % méthanol) obtenus à partir des feuilles et des fleurs de *D. viscosa*. L'objectif principal était d'étudier l'effet de la partie végétale utilisée sur les activités antioxydante, anti-inflammatoire et antibactérienne, afin de valoriser au mieux les usages thérapeutiques potentiels de cette plante.

Initialement, une enquête ethnobotanique dédiée à *D. viscosa* révèle une nette préférence pour l'utilisation de la plante à l'état frais, en particulier ses feuilles, ce qui suggère une valorisation optimale de leurs principes actifs fraîchement exprimés. Le cataplasme apparaît comme le mode de préparation privilégié, notamment pour le traitement topique des affections cutanées et inflammatoires, soulignant une reconnaissance empirique de l'efficacité locale des composés. L'étude met en évidence une polyvalence thérapeutique remarquable de *D. viscosa*, traditionnellement employée pour une gamme étendue de maux, ciblant en premier lieu des catégories variées d'affections et secondairement les troubles digestifs.

Cette enquête illustre la richesse des savoirs ethnobotaniques locaux et la manière dont les communautés traditionnelles ont développé une connaissance approfondie des propriétés médicinales des plantes de leur environnement. L'exemple de *D. viscosa*, avec sa préférence d'utilisation fraîche et son application externe pour divers problèmes de santé, souligne l'importance de préserver et d'étudier ce patrimoine de connaissances qui peut inspirer la découverte de nouvelles solutions thérapeutiques naturelles.

Le rendement d'extraction a révélé une différence significative entre les deux parties de la plante étudiées. L'extrait obtenu à partir des fleurs a démontré un rendement supérieur à celui des feuilles. Cette variation suggère une distribution hétérogène des composés extractibles au sein de *D. viscosa*, soulignant l'importance cruciale du choix de la partie végétale pour optimiser l'obtention de métabolites secondaires lors de futures études de valorisation phytochimique.

L'analyse quantitative des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes a révélé une concentration supérieure de ces précieux métabolites secondaires dans les feuilles de *D. viscosa*.

par rapport à ses fleurs. Ces résultats mettent en exergue la teneur élevée en composés phénoliques et flavonoïdes des feuilles, ce qui renforce leur pertinence pour la valorisation phytochimique dans le cadre d'applications liées à la santé. Cette pertinence s'appuie sur les propriétés protectrices cellulaires reconnues de ces composés.

Les évaluations de l'activité antioxydante par les tests DPPH et FRAP ont concordamment révélé une capacité supérieure de l'extrait des feuilles de *D. viscosa* à piéger les radicaux libres et à réduire le fer ferrique, respectivement, comparativement à l'extrait des fleurs. Bien que cette activité demeure inférieure à celle de l'acide ascorbique, ces résultats suggèrent une plus forte concentration de composés antioxydants dans les feuilles.

L'examen de l'activité anti-inflammatoire, mesurée par l'inhibition de la dénaturation de l'albumine sérique bovine *in vitro*, a démontré une efficacité plus marquée de l'extrait des feuilles par rapport à celui des fleurs.

Concernant l'activité antibactérienne, les extraits floraux de *D. viscosa* ont démontré une efficacité supérieure, particulièrement à l'égard des bactéries Gram-positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus sp.*), avec des diamètres d'inhibition significativement plus importants que ceux obtenus avec les extraits foliaires. Inversement, les deux types d'extraits ont présenté une activité antibactérienne plus limitée contre les bactéries Gram-négatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*), ce qui pourrait s'expliquer par la structure membranaire externe plus complexe et moins perméable de ces dernières, constituant une barrière plus efficace à la pénétration des composés antibactériens. Cette sélectivité suggère des mécanismes d'action distincts en fonction de la structure bactérienne.

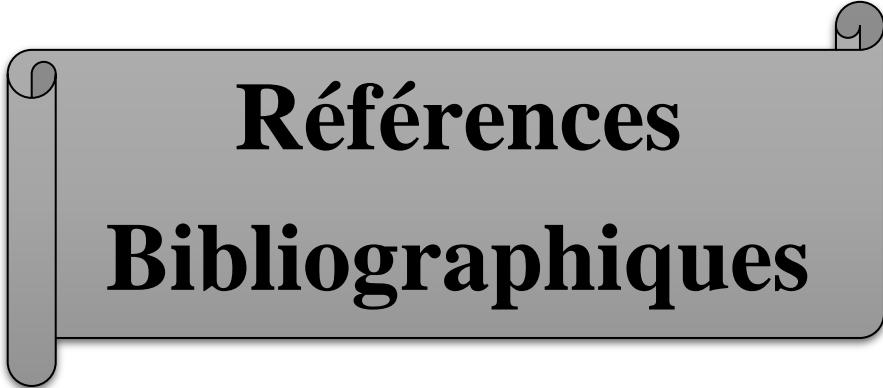
La composition phytochimique distincte des feuilles et des fleurs pourrait être à l'origine de ces profils d'activité biologique différents, ouvrant la voie à des applications thérapeutiques ciblées. Des investigations ultérieures visant à identifier les composés antibactériens spécifiques présents dans les fleurs sont nécessaires pour mieux comprendre leur mode d'action et leur potentiel dans la lutte contre les infections bactériennes.

Ces résultats mettent en évidence l'intérêt pharmacologique potentiel de *D. viscosa*, en particulier ses feuilles pour leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires, et ses fleurs pour leur activité antibactérienne.

En synthèse, l'étude comparative des extraits hydroalcooliques de *D. viscosa* confirme son intérêt pharmacologique traditionnel. Les feuilles se distinguent par leur richesse en composés phénoliques et flavonoïdes, conférant une activité antioxydante et anti-inflammatoire supérieure. Les fleurs, quant à elles, présentent une meilleure activité antibactérienne, notamment contre les bactéries Gram-positif. Ces résultats préliminaires suggèrent un potentiel thérapeutique distinct pour les différentes parties de la plante, ouvrant la voie à des applications ciblées, sous réserve d'études approfondies sur les mécanismes d'action, la sécurité et la biodisponibilité.

À la lumière des résultats obtenus, les perspectives de notre recherche s'articulent autour des axes suivants :

- Études *in vivo* : Confirmer l'efficacité des extraits dans des modèles expérimentaux pertinents d'inflammation ou de stress oxydatif.
- Identification des composés bioactifs : Identifier et caractériser les composés bioactifs (notamment flavonoïdes et polyphénols) responsables des effets observés par des techniques chromatographiques et spectroscopiques (HPLC, LC-MS, RMN).
- Évaluation cellulaire *in vitro* : Approfondir l'évaluation des activités antioxydante et anti-inflammatoire par des tests *in vitro* sur des lignées cellulaires humaines.
- Optimisation de l'extraction : Comparer les effets de différents solvants d'extraction pour améliorer le rendement et la puissance des extraits.
- Exploration de nouvelles sources : Étudier d'autres parties de la plante (racines, tiges) afin de découvrir de nouveaux composés d'intérêt pharmacologique.
- Synergie et associations : Tester l'effet synergique entre les extraits de feuilles et de fleurs ou avec d'autres plantes médicinales.
- Extension du spectre antibactérien : Élargir l'étude antibactérienne à un plus grand nombre de souches, notamment des pathogènes multirésistantes.



# **Références**

# **Bibliographiques**

**-A-**

- Abdiche**, S., & Guergour, H. (2011). Etude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne d'une plante médicinale *Rhamnus alaternus* de la commune de Larbaatach. *Mémoire de master, université de Boumerdes. 3p.*
- Adjano'houn**, E. J., Ahyi, A. M. R., Aké Assi, L., Akoegninou, A., Akpagana, K., Dan Dicko, L., Gbaguidi, N. A., Goudoté, E., Houngnon, P., Keita, A., Keoula, J. L., Klotoé, J. R., Lawin, E. J., Mavi, S., Miettinen, S., & Van der Veken, P. (1991). *Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Bénin*. Agence de coopération culturelle et technique.
- Alibi**, S., Crespo, D., & Navas, J. (2021). Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, 10(3), 231.
- Alomar**, Ó., Goula, M., & Albajes, R. (2002). Colonisation of tomato fields by predatory mirid bugs (Hemiptera: Heteroptera) in northern Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1-2), 105-115.
- Al-Qura'n**, S. (2009). Ethnopharmacological survey of wild medicinal plants in Showbak, Jordan. *Journal of Ethnopharmacology*, 123(1), 45-50.
- Ambriz-Pérez**, D. L., Leyva-López, N., Gutierrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (2016). Phenolic compounds: Natural alternative in inflammation treatment. A Review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1131412.
- Andolfi**, A., Zermane, N., Cimmino, A., Avolio, F., Boari, A., Vurro, M., & Evidente, A. (2013). Inuloxins A–D, phytotoxic bi-and tri-cyclic sesquiterpene lactones produced by *Inula viscosa*: Potential for broomrapes and field dodder management. *Phytochemistry*, 86, 112-120.
- Annunziata**, F., Pinna, C., Dallavalle, S., Tamborini, L., & Pinto, A. (2020). An overview of coumarin as a versatile and readily accessible scaffold with broad-ranging biological activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), 4618.
- Aydin**, T., Saglamtas, R., Dogan, B., Kostekci, E., Durmus, R., & Cakir, A. (2022). A new specific method for isolation of tomentosin with a high yield from *Inula viscosa* (L.) and determination of its bioactivities. *Phytochemical Analysis*, 33(4), 612–618.

**Aziz, Z., & Lotfi, A.** (2018). Ethnobotanical survey of medicinal and aromatic plants used by the people of Targuist in the North of Morocco. *Der Pharma Chemica*, 10(5), 11-18.

**-B-**

**Baba Aissa, F.** (1990). *Les plantes médicinales d'Algérie*. Ibn Sina.

**Bagad, Y. M., Umkar, A. R., Tatiya, A. U., & Surana, S. J.** (2011). Investigation of anti-inflammatory and analgesic activity of Bridelia airyshawii (Euphorbiaceae).

**Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K.** (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.

**Barnes, P. J.** (1998). Anti-inflammatory actions of glucocorticoids: molecular mechanisms. *Clinical science*, 94(6), 557-572.

**Barros, L., Calhelha, R. C., Vaz, J. A., Ferreira, I. C., Baptista, P., & Estevinho, L. M.** (2007). Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research and Technology*, 225, 151-156.

**Barros, L., Falcão, S., Baptista, P., Freire, C., Vilas-Boas, M., & Ferreira, I. C.** (2008). Antioxidant activity of *Agaricus sp.* mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food chemistry*, 111(1), 61-66.

**Bayala, B.** (2014). *Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-prolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes* (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II; Université Joseph Ki-Zerbo (Ouagadougou, Burkina Faso)).

**Benítez, G., González-Tejero, M. R., & Molero-Mesa, J.** (2010). Pharmaceutical ethnobotany in the western part of Granada province (southern Spain): Ethnopharmacological synthesis. *Journal of Ethnopharmacology*, 129(1), 87-105.

**Benkhaira, N., Fadil, M., El Hachlafi, N., Flouchi, R., Lachkar, M., Koraichi, S. I., & Fikri-Benbrahim, K.** (2025). Mixture design as an innovative tool to optimize the antioxidant and antibacterial activity of moroccan essential oils: *Clinopodium nepeta*, *Ruta montana*, and *Dittrichia viscosa*. *Kuwait Journal of Science*, 52(1), 100317.

- Benkhnigue**, O., Zidane, L., Fadli, M., Elyacoubi, H., Rochdi, A., & Douira, A. (2010). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta botánica barcinonensis*, 191-216.
- Bensakhria**, A. (2018). Le stress oxydatif. *Toxicologie générale*, 70-86.
- Bensari**, S. (2021). *Étude et valorisation des plantes médicinales algériennes : Contribution à une enquête ethnobotanique et investigations phytochimiques et biologiques sur les deux plantes : Iris unguicularis Poir. et Dittrichia viscosa (L.) Greuter* [Thèse de doctorat, Université Frères Mentouri Constantine 1, N° d'ordre : 05/Bio/2021 ; N° de série : 94/D3C/2021].
- Bentarhlia**, N., Kartah, B. E., Fadil, M., El Harkaoui, S., Matthäus, B., Abboussi, O., ... & El Monfalouti, H. (2024). Exploring the wound-healing and antimicrobial potential of *Dittrichia viscosa* L. lipidic extract: Chemical composition and in vivo evaluation. *Fitoterapia*, 172, 105707.
- Benzie**, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bessada**, S. M., Barreira, J. C., & Oliveira, M. B. P. (2015). Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. *Industrial Crops and Products*, 76, 604-615.
- Boizot**, N., & Charpentier, J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, In: Numéro spécial*, 79-82.
- Boraschi**, D., & Tagliabue, A. (2006). The chemokine system in innate immunity and inflammation. *Immunity*, 25(5), 723–736.
- Boubekri**, C. (2014). *Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de Solanum melongena par des techniques électrochimiques* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).
- Bouguendoul**, M., & Remouche, C. (2024). Enquête ethnobotanique quantitative sur les plantes médicinales utilisées dans la ville de Constantine. *Université Frères Mentouri Constantine 1*.

- Bouyahya**, A., Dakka, N., Et-Touys, A., Bakri, Y., Talbaoui, A., & Mabkhot, Y. N. (2017). Phytochemical analysis, antioxidant and antibacterial activities of *Dittrichia viscosa* extracts. *South African Journal of Botany*, 112, 431–436.
- Brullo**, S., & de Marco, G. (2000). Taxonomical revision of the genus *Dittrichia* (Asteraceae). *Portugaliae Acta Biologica*, 19(1), 341-354.

**-C-**

- Cadet**, J., Douki, T., Gasparutto, D., & Ravanat, J. L. (2003). Oxidative damage to DNA: formation, measurement and biochemical features. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 531(1-2), 5-23.
- Calder**, P. C., Ahluwalia, N., Brouns, F., Buetler, T., Clement, K., Cunningham, K., ... & Winklhofer-Roob, B. M. (2011). Dietary factors and low-grade inflammation in relation to overweight and obesity. *British journal of nutrition*, 106(S3), S1-S78.
- Cazarolli**, L. H., Zanatta, L., Alberton, E. H., Bonorino Figueiredo, M. S. R., Folador, P., Damazio, R. G., ... & Barreto Silva, F. R. M. (2008). Flavonoids: prospective drug candidates. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 8(13), 1429-1440.
- Chahmi**, N., Anissi, J., Jennan, S., Farah, A., Sendide, K., & El Hassouni, M. (2015). Antioxidant activities and total phenol content of *Inula viscosa* extracts selected from three regions of Morocco. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(3), 228-233.
- Ciccarelli**, D., Garbari, F., & Pagni, A. M. (2007, January). Glandular hairs of the ovary: a helpful character for Asteroideae (Asteraceae) taxonomy?. In *Annales Botanici Fennici* (pp. 1-7). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Cowan**, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.
- Cristani**, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Micieli, D., ... & Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(15), 6300-6308.

**-D-**

- Dalle-Donne**, I., Rossi, R., Colombo, R., Giustarini, D., & Milzani, A. (2006). Biomarkers of oxidative damage in human disease. *Clinical chemistry*, 52(4), 601-623.
- Dangles**, O. (2012). Antioxidant activity of plant phenols: chemical mechanisms and biological significance. *Current Organic Chemistry*, 16(6), 692-714.
- Danino**, O., Gottlieb, H. E., Grossman, S., & Bergman, M. (2009). Antioxidant activity of 1, 3-dicaffeoylquinic acid isolated from Inula viscosa. *Food research international*, 42(9), 1273-1280.
- DuPont**, M. S., O'Leary, K. A., Needs, P. W., Bao, Y., de Pascual-Teresa, S., Johnston, K. L., ... & Williamson, G. (2004). Quercetin metabolites downregulate cyclooxygenase-2 transcription in human lymphocytes ex vivo but not in vivo. *The Journal of nutrition*, 134(3), 552-557.
- Degirmenci**, H., & Erkurt, H. (2020). Chemical profile and antioxidant potency of Citrus aurantium L. flower extracts with antibacterial effect against foodborne pathogens in rice pudding. *Lwt*, 126, 109273.
- Dembélé**, D. L., Dramé, B. S. I., Haïdara, M., Koné, C., & Sanogo, R. (2022). Paramètres physicochimiques et activité antibactérienne de trois plantes médicinales, utilisées dans la prise en charge des infections urinaires au Mali. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 51, 10-16.
- Derafa**, I., Amira, S., Benchikh, F., Mamache, W., & Kaoudoune, C. (2022). Phenolic content and antioxidant activity of hydromethanolic and aqueous extracts of aerial parts of Phlomis crinita. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(10), 2061-2066.
- Dewick**, P. M. (2002). *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*. John Wiley & Sons.
- Dieng**, S. I. M., Fall, A. D., Diatta-Badji, K., Sarr, A., Sene, M., Sene, M., ... & Bassene, E. (2017). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro-éthanoliques des feuilles et écorces de Piliostigma thonningii Schumach. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 768-776.

**Douira, A., & Zidane, L.** (2015). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète, et des maladies cardiaques dans la région d'Izarène (Nord du Maroc). *Journal of Applied Biosciences*, 86, 7940-7956.

**Dpipwe** Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment. (2011). *False yellow head (Dittrichia viscosa) weed management plan: Statutory weed management plan as at June 2011*. Hobart, Tasmania: Government of Tasmania.

**Draou, N.** (2022). Systématique des plantes ethnobotaniques.

**Dureja, A. G., & Dhiman, K.** (2012). Free radical scavenging potential and total phenolic and flavonoid content of *Ziziphus mauritiana* and *Ziziphus nummularia* fruit extracts. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, 6(3).

**-E-**

**Eddardaki, F. E., Benoutman, A., Ettakifi, H., Erbiai, E. H., Legssyer, M., Saidi, R., ... & Maouni, A.** (2024). Phytochemical composition, antioxidant and antifungal activity of essential oils and crude extracts of *Dittrichia viscosa* maritime (L.), an aromatic and medicinal plant from northern Morocco. *Multidisciplinary Science Journal*, 6(9), 2024182-2024182.

**Efenberger-Szmechtyk, M., Nowak, A., & Czyzowska, A.** (2021). Plant extracts rich in polyphenols: Antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(1), 149-178.

**El Ouardy, Y., Mechchate, H., Es-Safi, I., & Grafov, A.** (2019). Antifungal activity of *Dittrichia viscosa* extracts against *Candida albicans* and *Aspergillus niger*. *Journal of Ethnopharmacology*, 235, 112–118.

**El Ouardy, Y., Mechchate, H., Es-Safi, I., & Grafov, A.** (2021). Antibacterial activity and mechanism of action of *Dittrichia viscosa* extracts against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Natural Product Research*, 35(1), 127–133.

**Élie, F.** (2022). Les phénols et les polyphénols.

**-F-**

**Farnsworth**, N. R. (1966). Biological and phytochemical screening of plants. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 55(3), 225-276.

**Favier**, A. (2006, November). Stress oxydant et pathologies humaines. In *Annales pharmaceutiques françaises* (Vol. 64, No. 6, pp. 390-396). Elsevier Masson.

**Firuzi**, O., Lacanna, A., Petrucci, R., Marrosu, G., & Saso, L. (2005). Evaluation of the antioxidant activity of flavonoids by “ferric reducing antioxidant power” assay and cyclic voltammetry. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1721(1-3), 174-184.

**Fontana**, G., La Rocca, S., Passannanti, S., & Pia Paternostro, M. (2007). Sesquiterpene compounds from *Inula viscosa*. *Natural Product Research*, 21(9), 824-827.

**Fraga**, C. G., Croft, K. D., Kennedy, D. O., & Tomás-Barberán, F. A. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & function*, 10(2), 514-528.

**Francisco**, V., Costa, G., Figueirinha, A., Marques, C., Pereira, P., Neves, B. M., ... & Batista, M. T. (2013). Anti-inflammatory activity of *Cymbopogon citratus* leaves infusion via proteasome and nuclear factor-κB pathway inhibition: Contribution of chlorogenic acid. *Journal of ethnopharmacology*, 148(1), 126-134.

**Franco-Micán**, S., Castro, J., & Campos, M. (2010). Preliminary study of the parasitic complex associated with *Dittrichia viscosa* in Andalusia.

**-G-**

**Ghasemian**, M., Owlia, S., & Owlia, M. B. (2016). Review of anti-inflammatory herbal medicines. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2016(1), 9130979.

**Ghazal**, E. M. A. A. (2019). Taxonomic studies on the family asteraceae (Compositae) of Hajjah governorate, West of Yemen. *J. Med. Plants Stud*, 7, 90-100.

**Ghedadba**, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselsela, H., & Ouled-Mokhtar, S. M. (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13(2), 118-129.

**Grauso**, L., Cesarano, G., Zotti, M., Ranesi, M., Sun, W., Bonanomi, G., & Lanzotti, V. (2020). Exploring *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter phytochemical diversity to explain its antimicrobial, nematicidal and insecticidal activity. *Phytochemistry Reviews*, 19, 659-689.

**-H-**

**Haddad**, M., Mechchate, H., Es-Safi, I., & Grafov, A. (2019). Anti-inflammatory potential of *Dittrichia viscosa* extracts: Inhibition of prostaglandin and leukotriene production. *Journal of Ethnopharmacology*, 235, 112–118.

**Hakkou**, Z., Maciuk, A., Leblais, V., Bouanani, N. E., Mekhfi, H., Bnouham, M., ... & Legssyer, A. (2017). Antihypertensive and vasodilator effects of methanolic extract of *Inula viscosa*: Biological evaluation and POM analysis of cynarin, chlorogenic acid as potential hypertensive. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 93, 62-69.

**Halliwell**, B., & Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford university press.

**Hamel**, T., Sadou, S., Seridi, R., Boukhdir, S., & Boulemtafes, A. (2018). Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'edough (nord-est algérien). *Ethnopharmacologia*, 59, 65-71.

**Hamilton**, A., Shengji, P., Kessy, J. K. A. A., Khan, A. A., Lagos-Witte, S., & Shinwari, Z. K. (2003). *The purposes and teaching of applied ethnobotany* (Vol. 11). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

**Hammer**, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of applied microbiology*, 86(6), 985-990.

**Hao**, B., Yang, Z., Liu, H., Liu, Y., & Wang, S. (2024). Advances in flavonoid research: sources, biological activities, and developmental prospectives. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(4), 2884-2925.

**He**, L., Wu, Y., Lin, L., Wang, J., Wu, Y., Chen, Y., ... & Pang, X. (2011). Hispidulin, a small flavonoid molecule, suppresses the angiogenesis and growth of human pancreatic cancer by targeting vascular endothelial growth factor receptor 2-mediated PI3K/Akt/mTOR signaling pathway. *Cancer science*, 102(1), 219-225.

**Hemmami**, H., Seghir, B. B., Zeghoud, S., Ben Amor, I., Kouadri, I., Rebiai, A., ... & Atanassova, M. (2023). Desert endemic plants in Algeria: A review on traditional uses, phytochemistry, polyphenolic compounds and pharmacological activities. *Molecules*, 28(4), 1834.

**Holleman**, A. F., Wiberg, E., & Wiberg, N. (2007). *Inorganic chemistry* (101st ed.). Academic Press.

**-I-**

**Ingegno**, B. L., Pansa, M. G., & Tavella, L. (2011). Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera: Miridae). *Biological control*, 58(3), 174-181.

**Inoue**, Y., Shiraishi, A., Hada, T., Hirose, K., Hamashima, H., & Shimada, J. (2004). The antibacterial effects of terpene alcohols on *Staphylococcus aureus* and their mode of action. *FEMS microbiology letters*, 237(2), 325-331.

**-J-**

**Jacques**, B., & André, R. (2004). Biochimie métabolique Ed ellipses. *Paris*. pp, 217-219.

**Jerada**, R., Er-Rakibi, A., Hassani, A., Benzeid, H., Ouardi, A., Harhar, H., Goh, B., Yow, Y., Ser, H., Bouyahya, A., Mojemmi, B., & Doukkali, A. (2024). A comprehensive review on ethnomedicinal uses, phytochemistry, toxicology, and pharmacological activities of *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 14, 355–380.

**Julve**, Ph., 2024 ff. - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 01 juin 2024.(<https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-22723-ecologie>).

**-K-**

- Kaci**, Z., Tirchi, N., Dahmane, T., Berrai, H., Holgado, R., Boubekeur, S., ... & Biche, M. (2022). First ethnobotanical study relating to usage of medicinal plants in province of Ain Defla region, South-West of Algeria. *Indian Journal of Ecology*, 49(3), 655-664.
- Karamenderes**, C., & Zeybek, U. (2000). Composition of the essential oils of *Inula viscosa*, *I. graveolens* and *I. helenium* subsp. *turcoracemosa*. *Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University*, 33(1-6), 1–6.
- Khalil**, E. A., Afifi, F. U., & Al-Hussaini, M. (2007). Evaluation of the wound healing effect of some Jordanian traditional medicinal plants formulated in Pluronic F127 using mice (*Mus musculus*). *Journal of ethnopharmacology*, 109(1), 104-112.
- Kheyar-Kraouche**, N., da Silva, A. B., Serra, A. T., Bedjou, F., & Bronze, M. R. (2018). Characterization by liquid chromatography-mass spectrometry and antioxidant activity of an ethanolic extract of *Inula viscosa* leaves. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 156, 297–306.
- Kolaczkowska**, E., & Kubis, P. (2013). Neutrophil recruitment and function in health and inflammation. *Nature Reviews Immunology*, 13(3), 159-175.]
- Kuete**, V. (Ed.). (2013). *Medicinal plant research in Africa: pharmacology and chemistry*. Newnes.

**-L-**

- Labbani**, P. (2021). *Composés phénoliques*. In *L3-BPV-FSNV/UFMC Biochimie végétale* (Chp. 4).
- Laguerre**, M., Lecomte, J., & Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in lipid research*, 46(5), 244-282.
- Laguna**, O. (2019). *Valorisation des composés phénoliques des tourteaux de colza et tournesol : du fractionnement des matières premières vers la synthèse de molécules multifonctionnelles* (Doctoral dissertation, Université Montpellier).

- Lesjak**, M., Beara, I., Simin, N., Pintać, D., Majkić, T., Bekvalac, K., ... & Mimica-Dukić, N. (2018). Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. *Journal of functional foods*, 40, 68-75.
- Lin**, C. M., Chen, C. S., Chen, C. T., Liang, Y. C., & Lin, J. K. (2002). Molecular modeling of flavonoids that inhibits xanthine oxidase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 294(1), 167-172.
- Liu**, C. J. (2021). New insights into the regulatory mechanisms of phenylpropanoid biosynthesis. *Molecular Plant*, 14(6), 871–872.
- Liu**, Y., Luo, J., Peng, L., Zhang, Q., Rong, X., Luo, Y., & Li, J. (2024). Flavonoids: Potential therapeutic agents for cardiovascular disease. *Heliyon*, 10(12).
- Lobo**, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.

**-M-**

- Macheix**, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. EPFL Press.
- Mahmoudi**, H., Hosni, K., Zaouali, W., Amri, I., Zargouni, H., Hamida, N. B., Kaddour, R., Hamrouni, L., Nasri, M. B., & Ouerghi, Z. (2016). Comprehensive phytochemical analysis, antioxidant and antifungal activities of *Inula viscosa* aiton leaves. *Journal of Food Safety*, 36(1), 77–88.
- Masuda**, T., Inai, M., Miura, Y., Masuda, A., & Yamauchi, S. (2013). Effect of polyphenols on oxymyoglobin oxidation: Prooxidant activity of polyphenols in vitro and inhibition by amino acids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(5), 1097-1104.
- Matos**, M. J., Santana, L., Uriarte, E., Abreu, O. A., Molina, E., & Yordi, E. G. (2015). Coumarins—an important class of phytochemicals. *Phytochemicals-isolation, characterisation and role in human health*, 25, 533-538.
- Mechchate**, H., Es-Safi, I., & Grafov, A. (2021). Antifungal potential of *Dittrichia viscosa* extracts against *Fusarium oxysporum* and their mode of action. *Phytochemistry Letters*, 41, 165–171.

- Meddour**, R., Sahar, O., & Ouyessad, M. (2020). Enquête ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc national du Djurdjura et sa zone d'influence, Algérie Ethnobotanical survey on medicinal plants in the Djurdjura National Park and its influence area, Algeria. *Ethnobotany Research and Applications*, 20, 1-25.
- Megdiche-Ksouri**, W., Trabelsi, N., Mkadmini, K., Bourgou, S., Noumi, A., Snoussi, M., ... & Ksouri, R. (2015). Artemisia campestris phenolic compounds have antioxidant and antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 63, 104-113.
- Merghem**, R. (2009). *Génie biochimique, valorisation des substances d'origine végétale*. Université des frères mentouri Constantine 1.
- Michel**, J., Abd Rani, N. Z., & Husain, K. (2020). A review on the potential use of medicinal plants from Asteraceae and Lamiaceae plant family in cardiovascular diseases. *Frontiers in pharmacology*, 11, 852.
- Mitić**, V. D., Ilić, M. D., Stankov Jovanović, V. P., Djordjevic, A. S., Marković, M. S., & Stojanović, G. S. (2020). Volatiles composition and antioxidant activity Inula oculus-christi L. from Serbia. *Natural product research*, 34(18), 2698-2701.
- Mizushima**, Y. (1964). INHIBITION OF PROTEIN DENATURATION BY ANTIRHEUMATIC OR ANTIPHLOGISTIC AGENTS. *Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Therapie*, 149, 1-7.
- Moreno**, S., Scheyer, T., Romano, C. S., & Vojnov, A. A. (2006). Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition. *Free radical research*, 40(2), 223-231.
- Morikawa**, K., Nonaka, M., Narahara, M., Torii, I., Kawaguchi, K., Yoshikawa, T., ... & Morikawa, S. (2003). Inhibitory effect of quercetin on carrageenan-induced inflammation in rats. *life Sciences*, 74(6), 709-721.
- Moussa**, M. T. B., CHERIF, R. A., LEKHAL, S., BOUNAB, A., & HADEF, Y. (2022). Dosage des composés phénoliques et détermination de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de Brocchia cinerea VIS de l'Algérie (Sud-Est).
- Moussi**, F., & ZERROUKI, N. K. (2022). L'évaluation de quelques activités biologiques d'extrait aqueux et des nanoparticules à base d'extrait aqueux d'une plante médicinale (Inula viscosa) de la région de Ain Temouchent.

**Mrid**, R. B., Bouchmaa, N., Kabach, I., Zouaoui, Z., Chtibi, H., Maadoudi, M. E., ... & Nhiri, M. (2022). *Dittrichia viscosa* L. leaves: a valuable source of bioactive compounds with multiple pharmacological effects. *Molecules*, 27(7), 2108.

**Mssillou**, I., Agour, A., Slighoua, M., Chebaibi, M., Amrati, F. E. Z., Alshawwa, S. Z., ... & Derwich, E. (2022). Ointment-based combination of *Dittrichia viscosa* L. and *Marrubium vulgare* L. accelerate burn wound healing. *Pharmaceuticals*, 15(3), 289.

**Mssillou**, I., Agour, A., Slighoua, M., Tourabi, M., Nouioura, G., Lyoussi, B., & Derwich, E. (2022). Phytochemical characterization, antioxidant activity, and in vitro investigation of antimicrobial potential of *Dittrichia viscosa* L. leaf extracts against nosocomial infections. *Acta Ecologica Sinica*, 42(6), 661-669.

**-N-**

**Najefi**, R. B., Asghari, G., & Abbas, A. (2011). Antimicrobial activities of phenolic and non-phenolic fractions of *Inula viscosa* (L) Extract. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 1(5-6), 325-331.

**Ncube**, B., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2015). Plant-based antimicrobial constituents: Their identification, mechanism of action and determination of synergistic effects. *African Journal of Biotechnology*, 11(37), 9141–9169.

**Newton**, K., & Dixit, V. M. (2012). Signaling in innate immunity and inflammation. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 4(3), a006049.

**Nikolakaki**, A., & Christodoulakis, N. S. (2004). Leaf structure and cytochemical investigation of secretory tissues in *Inula viscosa*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 144(4), 437-448.

**Nishiumi**, S., Miyamoto, S., Kawabata, K., Ohnishi, K., Mukai, R., Murakami, A., ... & Terao, J. (2011). Dietary flavonoids as cancer-preventive and therapeutic biofactors. *Front Biosci*, 3(3), 1332-1362.

**Nolan**, J. M., & Turner, N. J. (2011). Ethnobotany: the study of people-plant relationships. *Ethnobiology*, 9, 133-147.

**-O-**

**Omezzine**, F., Rinez, A., Ladhari, A., Farooq, M., & Haouala, R. (2011). Allelopathic potential of *Inula viscosa* against crops and weeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(6), 841-9.

**Orhan**, N., Gökbüyük, A., & Deliorman Orhan, D. (2017). Antioxidant potential and carbohydrate digestive enzyme inhibitory effects of five *Inula* species and their major compounds. *South African Journal of Botany*, 111, 86–92.

**Ouahchia**, C. (2018). *Extraction, caractérisation et identification de quelques composés (métabolites) secondaires de Inula viscosa (l'inule visqueuse) et effets thérapeutiques* (Thèse de doctorat, Université Blida1-Saad Dahlab).

**Ouahchia**, C., Hamaidi-Chergui, F., Hüsch, H. D., Ram, M., Negab, I., Azine, K., & Fusi, D. (2020). Total phenolic content, anti-inflammatory, analgesic, and antipyretic activities of some extracts of *Inula viscosa* (L.) from Algeria. *Phytothérapie*, 18(2), 81-91.

**Ouelbani**, R., Bensari, S., Mouas, T. N., & Khelifi, D. (2016). Ethnobotanical investigations on plants used in folk medicine in the regions of Constantine and Mila (North-East of Algeria). *Journal of ethnopharmacology*, 194, 196-218.

**Ould El Hadj**, M., Hadj-Mahammed, M., Zabeirou, H., & Chehma, A. (2003). Importance des plantes spontanées médicinales dans la pharmacopée traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara Septentrional-Est Algérien). *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 73-78.

**Ozkan**, E., Karakas, F. P., Yildirim, A. B., Tas, I., Eker, I., Yavuz, M. Z., & Turker, A. U. (2019). Promising medicinal plant *Inula viscosa* L.: Antiproliferative, antioxidant, antibacterial and phenolic profiles. *Prog. Nutr*, 21(3), 652-661.

**-P-**

**Pajares**, M., Cuadrado, A., Engedal, N., Jirsova, Z., & Cahova, M. (2018). The role of free radicals in autophagy regulation: implications for ageing. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018(1), 2450748.

**Parolin**, P., Ion Scotta, M., & Bresch, C. (2013). Notes on the phenology of *Dittrichia viscosa*. *Journal of Mediterranean Ecology*, 12, 27-35.

- Parolin**, P., Scotta, M. I., & Bresch, C. (2014). Biology of *Dittrichia viscosa*, a Mediterranean ruderal plant: a review. *Phyton*, 83(1), 251-62.
- Parveen**, Z., Deng, Y., Saeed, M. K., Dai, R., Ahamad, W., & Yu, Y. H. (2007). Anti-inflammatory and analgesic activities of *Thesium chinense* Turcz extracts and its major flavonoids, kaempferol and kaempferol-3-O-glucoside. *Yakugaku Zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 127(8), 1275–1279.
- Passalacqua**, N. G., Guarnera, P. M., & De Fine, G. (2007). Contribution to the knowledge of the folk plant medicine in Calabria region (Southern Italy). *Fitoterapia*, 78(1), 52-68.
- Perdikis**, D., Favas, C., Lykouressis, D., & Fantinou, A. (2007). Ecological relationships between non-cultivated plants and insect predators in agroecosystems: the case of *Dittrichia viscosa* (Asteraceae) and *Macrolophus melanotoma* (Hemiptera: Miridae). *Acta oecologica*, 31(3), 299-306.
- Perdikis**, D., Kapaxidi, E., & Papadoulis, G. (2008). Biological control of insect and mite pests in greenhouse solanaceous crops. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2(1), 125-144.
- Pietta**, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*, 63(7), 1035-1042.
- Pincemail**, J., Bonjean, K., Cayeux, K., & Defraigne, J. O. (2002). Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16(4), 233-239.
- Pizzi**, A. (2021). Tannins medical/pharmacological and related applications: A critical review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 22, 100481.
- Putpadungwipon**, P., & Powthong, P. (2025). Unveiling antioxidant arsenal DPPH radical scavenging activity and flavonoid profiles of six edible flower infusions. *Journal of Integrated Science and Technology*, 13(5), 1101-1101.
- R-**
- Raja**, P. B., Rahim, A. A., Qureshi, A. K., & Awang, K. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles using tannins. *Materials Science-Poland*, 32, 408-413.
- Ramli**, B. (2013). Extraction Des Flavonoides De La Plante Inula Viscosa De La Région D'oran Et Mise En Évidence De L'activité Micirobienne [Master's Thesis]. *Université Ahmed Ben Bella-Oran*, 1.

- Reeb**, C. (2010). Plantes mellifères : L'inule visqueuse. *Abeilles & Fleurs*, 720, 19–20.
- Rhimi**, W., Salem, I., Iatta, R., Chaabane, H., Saidi, M., Boulila, A., & Cafarchia, C. (2018). *Dittrichia viscosa* L. leaves lipid extract: An unexploited source of essential fatty acids and tocopherols with antifungal and anti-inflammatory properties. *Industrial Crops and Products*, 113, 196–201.
- Rhimi**, W., Ben Salem, I., Immediato, D., Saidi, M., Boulila, A., & Cafarchia, C. (2017). Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of crude *Dittrichia viscosa* (L.) greuter leaf extracts. *Molecules*, 22(7), 942.
- Ribéreau-Gayon**, P, 1968. Les composés phénoliques des végétaux, Dunod Éd. Paris.
- Ricciotti**, E., & FitzGerald, G. A. (2011). Prostaglandins and inflammation. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 31(5), 986-1000.
- Rios**, J. L., & Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology*, 100(1-2), 80-84.
- Rotelli**, A. E., Guardia, T., Juárez, A. O., De la Rocha, N. E., & Pelzer, L. E. (2003). Comparative study of flavonoids in experimental models of inflammation. *Pharmacological research*, 48(6), 601-606.
- Russo-Marie**, F., Peltier, A., & Polla, B. S. (1998). *L'inflammation*. John Libbey Eurotext.
- S-
- Sahu**, N. K., Mahajan, A. T., Sharma, V., Suhas, K. P., Tripathi, P., Mathur, M., ... & Chaudhary, S. (2024). 'Cephalandole A' analogues as a new class of antioxidant agents: Design, microwave-assisted synthesis, bioevaluation, SAR and in silico studies. *Journal of Molecular Structure*, 1303, 137445.
- Saibabu**, V., Fatima, Z., Khan, L. A., & Hameed, S. (2015). Therapeutic potential of dietary phenolic acids. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2015(1), 823539.
- Sainvitu**, P., Nott, K., Richard, G., Blecker, C., Jérôme, C., Wathelet, J. P., ... & Deleu, M. (2012). Structure, properties and obtention routes of flaxseed lignan secoisolariciresinol. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(1).

- Sakhraoui**, N., Boussouak, R., Metallaoui, S., Chefroud, A., & Hadef, A. (2020). La flore endémique du Nord-Est algérien face à la menace des espèces envahissantes.
- Salim**, H., Rimawi, W. H., & Mjahed, A. (2017). Analysis of extracts from Palestinian *Inula viscosa* for their phenolic, flavonoid and lipid contents, antioxidant and antibacterial activity. *Journal of Chemistry and Biochemistry*, 5(1), 12–23.
- Salinas-Sánchez**, D. O., Herrera-Ruiz, M., Pérez, S., Jiménez-Ferrer, E., & Zamilpa, A. (2012). Anti-inflammatory activity of hautriwaic acid isolated from Dodonaea viscosa leaves. *Molecules*, 17(4), 4292-4299.
- Serhan**, C. N., Chiang, N., & Van Dyke, T. E. (2008). Resolving inflammation: dual anti-inflammatory and pro-resolution lipid mediators. *Nature Reviews Immunology*, 8(5), 349-361.
- Shalaby**, E. A., & Shanab, S. M. (2013). Antioxidant compounds, assays of determination and mode of action. *African journal of pharmacy and pharmacology*, 7(10), 528-539.
- Sid**, B., Verrax, J., & Calderon, P. B. (2013). Role of AMPK activation in oxidative cell damage: Implications for alcohol-induced liver disease. *Biochemical pharmacology*, 86(2), 200-209.
- Sinden**, J., Jones, R., Hester, S., Odom, D., Kalisch, C., James, R., & Cacho, O. (2004). The economic impact of weeds in Australia.
- Sökmen**, B., Aydın, S., & Kinalioğlu, K. (2012). Antioxidant and antibacterial properties of a lichen species *Diploschistes scruposus* (Schreb.) Norman. *European Journal of Biology*, 71(1), 43-51.
- Souilah**, N., Miara, M. D., Bendif, H., Medjroubi, K., & Snorek, J. (2022). Traditional ethnobotanical knowledge on medicinal plants used by the populations in Central Russikada (Northeastern Algeria). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 28(1), 15-35.
- Stalikas**, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18), 3268-3295.
- Stanojević**, L., Stanković, M., Nikolić, V., Nikolić, L., Ristić, D., Čanadanovic-Brunet, J., & Tumbas, V. (2009). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoid contents of *Hieracium pilosella* L. extracts. *sensors*, 9(7), 5702-5714.

- Stavrianakou**, S., Liakopoulos, G., & Karabourniotis, G. (2006). Boron deficiency effects on growth, photosynthesis and relative concentrations of phenolics of *Dittrichia viscosa* (Asteraceae). *Environmental and experimental botany*, 56(3), 293-300.
- Stevens**, A., Lowe, J., & Young, B. (2004). *Anatomie pathologique*. De Boeck Supérieur.
- Sugimoto**, Y., & Narumiya, S. (2007). Prostaglandins and related lipid mediators. *Physiological Reviews*, 87(1), 135–178.
- Sykes**, E. M., White, D., McLaughlin, S., & Kumar, A. (2023). Salicylic acids and pathogenic bacteria: new perspectives on an old compound. *Canadian Journal of Microbiology*, 70(1), 1-14.

**-T-**

- Tahri**, N., El Basti, A., Zidane, L., Rochdi, A., & Douira, A. (2012). Etude ethnobotanique des plantes medicinales dans la province de Settat (Maroc). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(2), 192-208.
- Taiz**, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* (5<sup>e</sup> éd.). Sinauer Associates.
- Tomar**, O., & Yıldırım, G. (2019). Antimicrobial effect of red beet (*Beta vulgaris* var. *Cruenta Alef.*) on some foodborne pathogens. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 54-60.
- Toty**, A. A., Guessennd, N., Bahi, C., KRA, A. K. M., Tokore, D. A., & Dosso, M. (2013). Évaluation in-vitro de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes. *Bulletin de la société royale des sciences de Liège*.
- Tzin**, V., & Galili, G. (2010). The biosynthetic pathways for shikimate and aromatic amino acids in *Arabidopsis thaliana*. *The Arabidopsis book/American Society of Plant Biologists*, 8, e0132.

**-W-**

**Wang**, S. J., Tong, Y., Lu, S., Yang, R., Liao, X., Xu, Y. F., & Li, X. (2010). Anti-inflammatory activity of myricetin isolated from *Myrica rubra* Sieb. et Zucc. leaves. *Planta medica*, 76(14), 1492-1496.

**Wang**, W., Ben-Daniel, B. H., & Cohen, Y. (2004). Control of plant diseases by extracts of *Inula viscosa*. *Phytopathology*, 94(10), 1042-1047.

**Weill**, B., & Batteux, F. (2003). *Immunopathologie et réactions inflammatoires*. De Boeck Supérieur.

**Williams**, L. A. D., O'connar, A., Latore, L., Dennis, O., Ringer, S., Whittaker, J. A., ... & Kraus, W. (2008). The in vitro anti-denaturation effects induced by natural products and non-steroidal compounds in heat treated (immunogenic) bovine serum albumin is proposed as a screening assay for the detection of anti-inflammatory compounds, without the use of animals, in the early stages of the drug discovery process. *West Indian Medical Journal*, 57(4).

**Wu**, L. (2007). Effect of chlorogenic acid on antioxidant activity of *Flos Lonicerae* extracts. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 8, 673-679.

**Wu**, Y., Bai, J., Zhong, K., Huang, Y., Qi, H., Jiang, Y., & Gao, H. (2016). Antibacterial activity and membrane-disruptive mechanism of 3-p-trans-coumaroyl-2-hydroxyquinic acid, a novel phenolic compound from pine needles of *Cedrus deodara*, against *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 21(8), 1084.

**-X-**

**Xie**, J., Gao, H., Peng, J., Han, Y., Chen, X., Jiang, Q., & Wang, C. (2015). Hispidulin prevents hypoxia-induced epithelial-mesenchymal transition in human colon carcinoma cells. *American journal of cancer research*, 5(3), 1047.

**Xie**, Y., Yang, W., Tang, F., Chen, X., & Ren, L. (2015). Antibacterial activities of flavonoids: structure-activity relationship and mechanism. *Current medicinal chemistry*, 22(1), 132-149.

**-Y-**

**Yang**, J. H., Kim, S. C., Shin, B. Y., Jin, S. H., Jo, M. J., Jegal, K. H., ... & Ki, S. H. (2013). O-methylated flavonol isorhamnetin prevents acute inflammation through blocking of NF-κB activation. *Food and Chemical Toxicology*, 59, 362-372.

**-Z-**

**Zahra**, E. F., & Fouzia, R. F. (2019). D Abdelaziz. *Badr Z., Amar B.*

**Zeggwagh**, N. A., Ouahidi, M. L., Lemhadri, A., & Eddouks, M. (2006). Study of hypoglycaemic and hypolipidemic effects of *Inula viscosa* L. aqueous extract in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 108(2), 223-227.

**Zouaghi**, N., Bensiradj, N. E. H., Cavaleiro, C., Nadjemi, B., & Telfah, A. (2021). Antimicrobial Activities of Natural Volatiles Organic Compounds Extracted from *Dittrichia viscosa* (L.) by Hydrodistillation. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 14(1).

**Site internet:**

(<https://www.teline.fr/fr/photos/asteraceae/dittrichia-viscosa> version : 2013, date de consultation : 24/01/2025, 21 :31 :14)

(<https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-22723-ecologie> version : 2024, date de consultation : 24/01/2025, 21 :35 :10)

(<http://6.worldwaterforum.org/fr/commissions/regionale/processus-intercontinental-mediterraneen/> date de consultation : 24/01/2025, 21 :40 :20)



## Annexes

## Annexe 01

**Enquête ethnobotanique sur el magramane**

**1- Description de la population étudiée (Profil de l'informateur)**

• Selon le sexe :	Masculin <input type="checkbox"/>	Féminin <input type="checkbox"/>	
• Selon la tranche d'âge :	< 30 ans <input type="checkbox"/>	30-50 ans <input type="checkbox"/>	>50 ans <input type="checkbox"/>
• Selon le niveau académique :	Analphabète <input type="checkbox"/>	Primaire <input type="checkbox"/>	Secondaire <input type="checkbox"/>
	Moyen <input type="checkbox"/>	Universitaire <input type="checkbox"/>	
• Selon le milieu de vie (lieu d'habitation) :	Rurale <input type="checkbox"/>	Urbain <input type="checkbox"/>	

**2- La plante**

Nom vernaculaire de la plante	Inule visqueuse, Dittrichie visqueuse (المقرمان)			
Nom scientifique de la plante	<i>Inula viscosa</i> L., <i>Dittrichia viscosa</i> L.			
• Selon L'état de la plante :	Frais <input type="checkbox"/>	Sec <input type="checkbox"/>	Les deux <input type="checkbox"/>	
• Selon la partie utilisée :	Plante entier <input type="checkbox"/>	Partie aérienne <input type="checkbox"/>	Fleurs <input type="checkbox"/>	Fruits <input type="checkbox"/>
	Racines <input type="checkbox"/>	Grains <input type="checkbox"/>	Tige <input type="checkbox"/>	Feuilles <input checked="" type="checkbox"/>
• Mode Préparation :	Infusion <input type="checkbox"/>	Décoction <input type="checkbox"/>	Cataplasme <input type="checkbox"/>	Poudre <input type="checkbox"/>
	Fumigation <input type="checkbox"/>	Autres <input type="checkbox"/>	H.E <input type="checkbox"/>	
• Mode d'administration :	Orale <input type="checkbox"/>	Rinçage <input type="checkbox"/>	Inhalation <input type="checkbox"/>	Massage <input type="checkbox"/>
	Topique <input type="checkbox"/>	Autres <input type="checkbox"/>		
• Selon Type des maladies traitées :	Maladies dermatologiques <input type="checkbox"/>	Maladies rénales <input type="checkbox"/>		
	Maladies neurologiques <input type="checkbox"/>	Maladies infectieuses <input type="checkbox"/>		
	Maladies digestives <input type="checkbox"/>	Maladies hépatiques <input type="checkbox"/>		
	Maladies cardio-vasculaires <input type="checkbox"/>	Diabète <input type="checkbox"/>		
		Autres <input type="checkbox"/>		

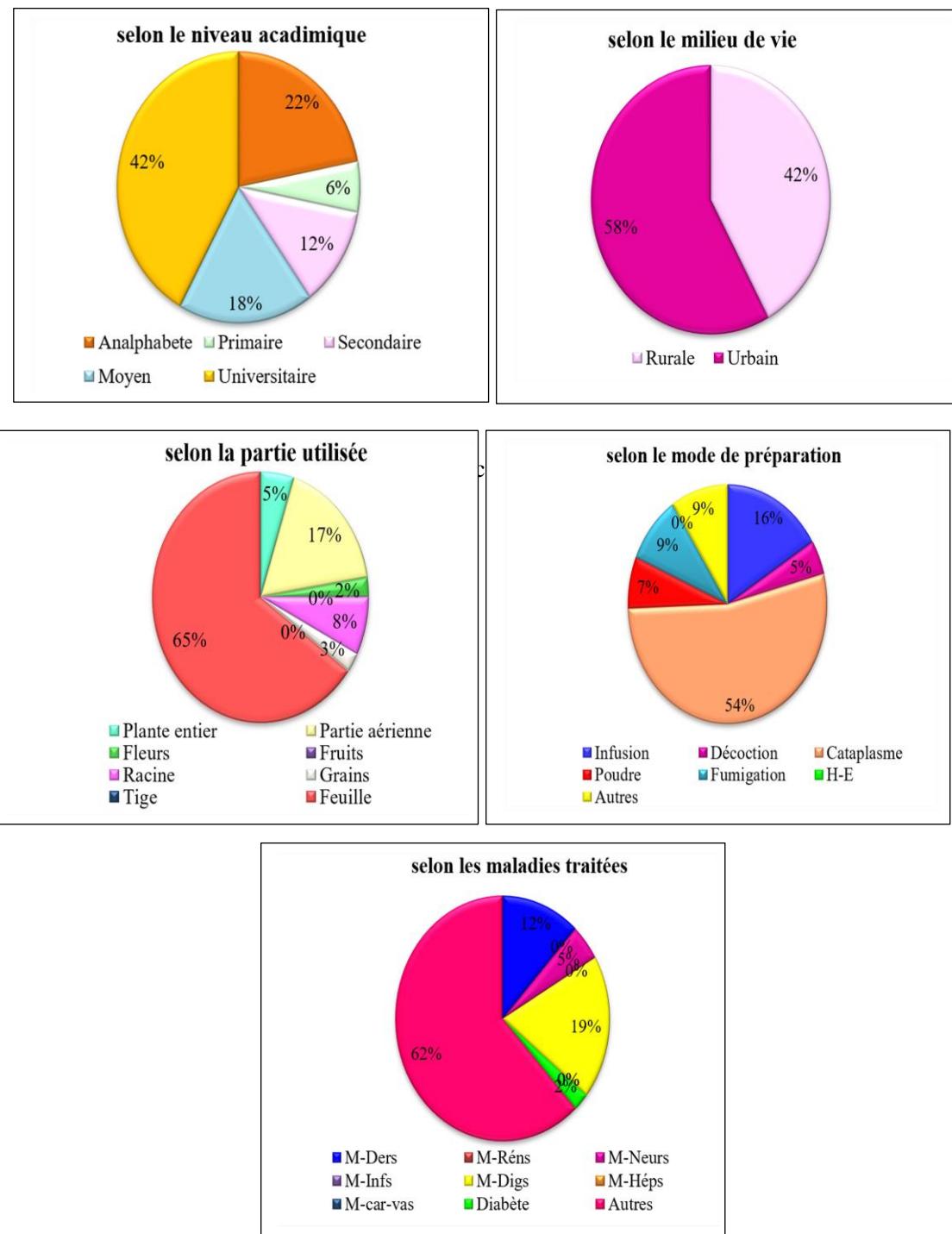
**Figure 01.** Fiche d'enquête ethnobotanique sur el magramane.

## Annexe 02

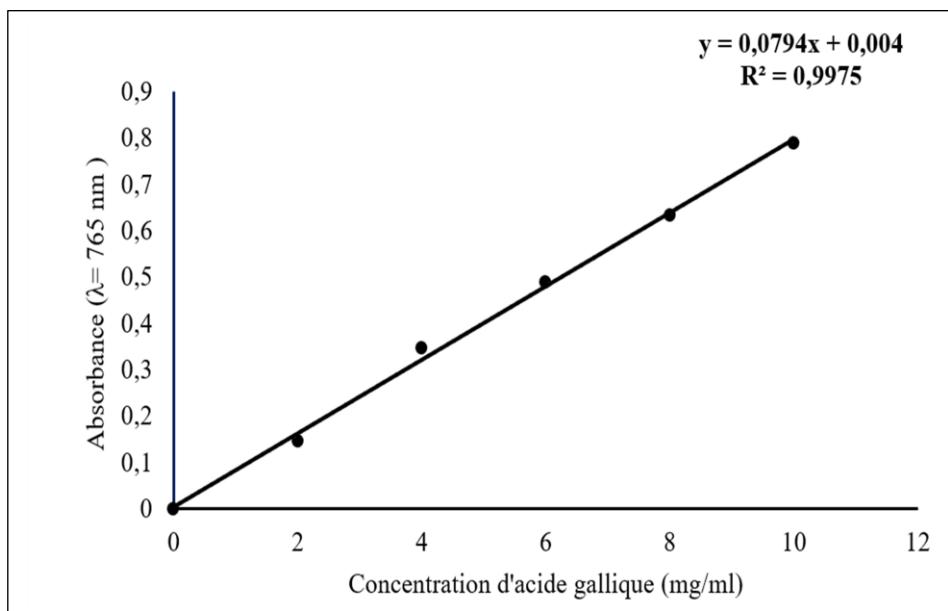
		Description de la population étudiée	
		Sexe	
		Masculin	Féminin
	Poucentage	22	28
		44	56
		Tranche d'age	
		< 30	30-50
	Poucentage	13	22
		15	
		26	44
			30
		Niveau acadimique	
		Analphabete	Primaire
		11	3
	Poucentage	22	6
			12
			18
			42
		Milieu de vie	
		Rurale	Urbain
		21	29
	Poucentage	42	58

La plante							
		Etat de la plante					
		Frais		Sec		les deux	
		29		4		6	
Poucentage		58		8		12	
Partie utilisée							
		Plante entier	Partie aérienne	Fleurs	Fruits	Racine	Grains
		2	7	1	0	3	1
		4	14	2	0	6	2
Mode de préparation							
		Infusion	Décoction	Cataplasme	Poudre	Fumigation	H-E
		7	2	23	3	4	0
Poucentage		14	4	46	6	8	8
Mode d'administration							
		Orale	Rincage	Inhalation	Massage	Topique	Autres
		9	0	3	3	24	5
		18	0	6	6	48	10
Maladies traitées							
		M-Ders	M-Réns	M-Neurs	M-Infis	M-Digs	M-Héps
		5	0	2	0	8	0
Poucentage		10	0	4	0	16	0
						0	0
						1	26
						2	52

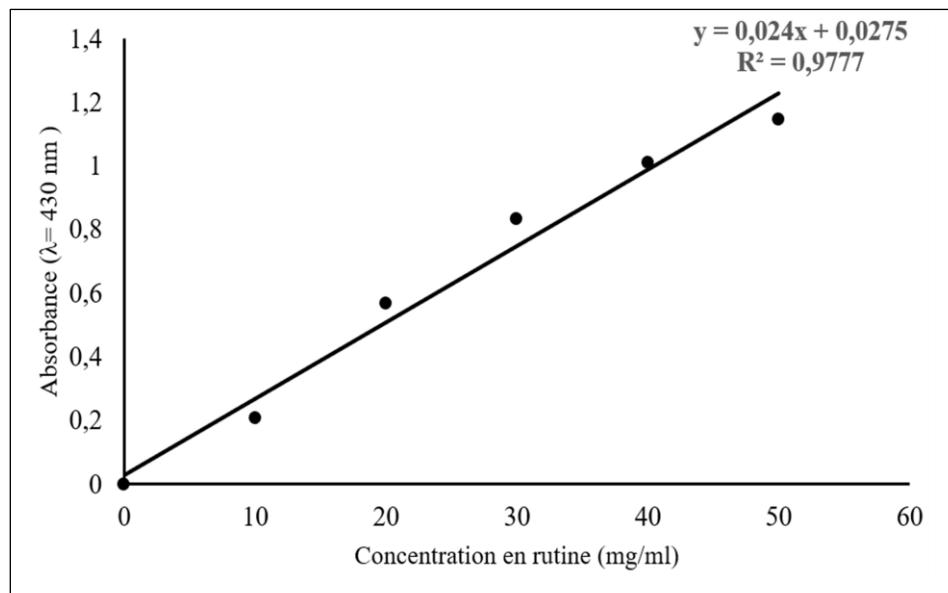
Figure 02. Résultats de l'enquête ethnobotanique sur el magramane.



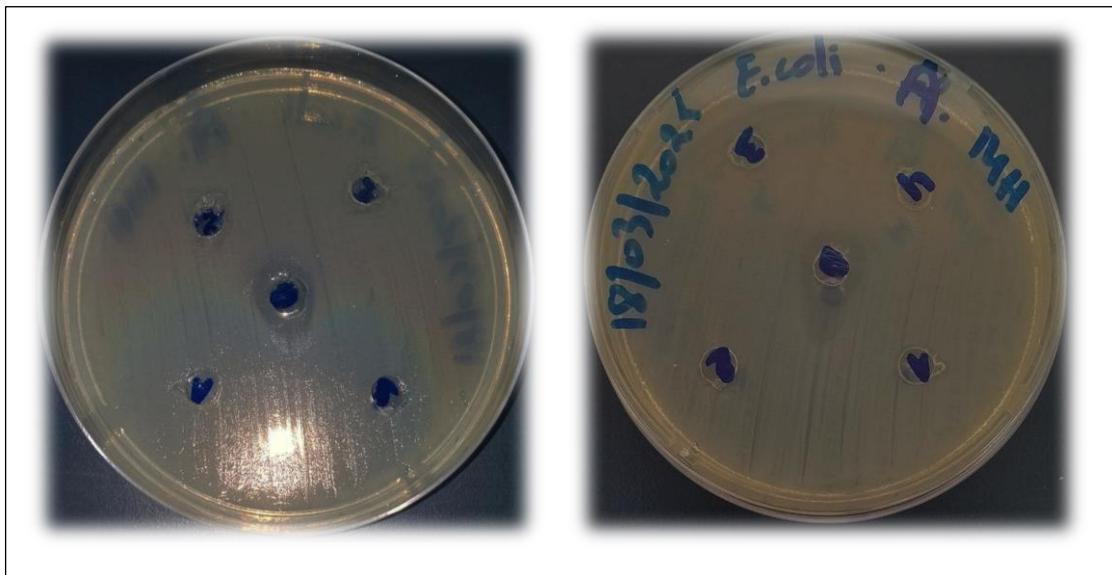
**Figure 04.** Synthèse des usages ethnobotaniques de *D. viscosa*.



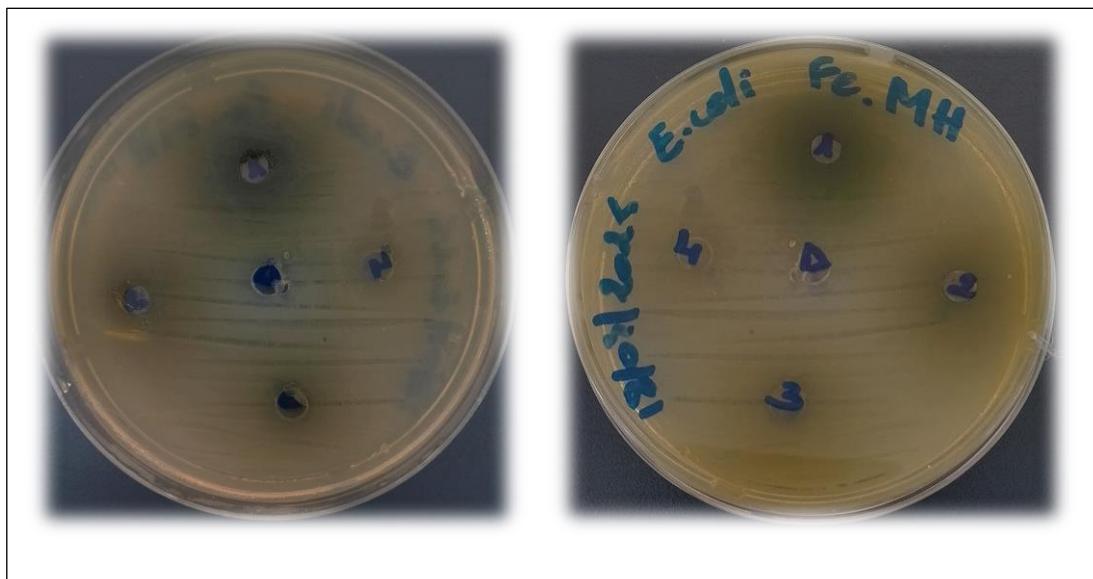
**Figure 05.** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux



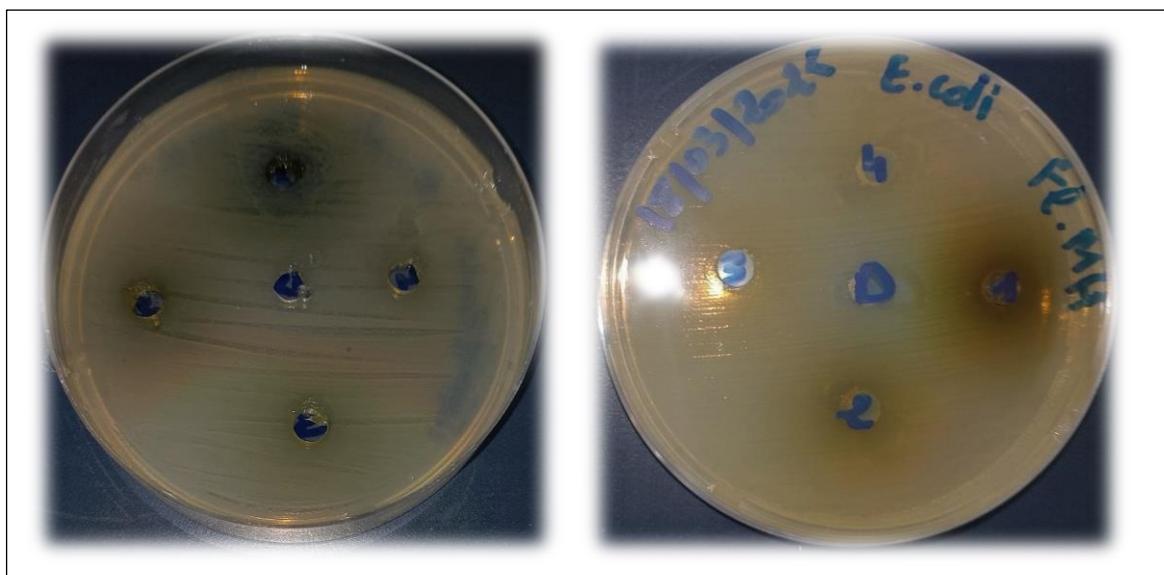
**Figure 06.** Courbe d'étalonnage de la rutine pour le dosage des flavonoïdes.



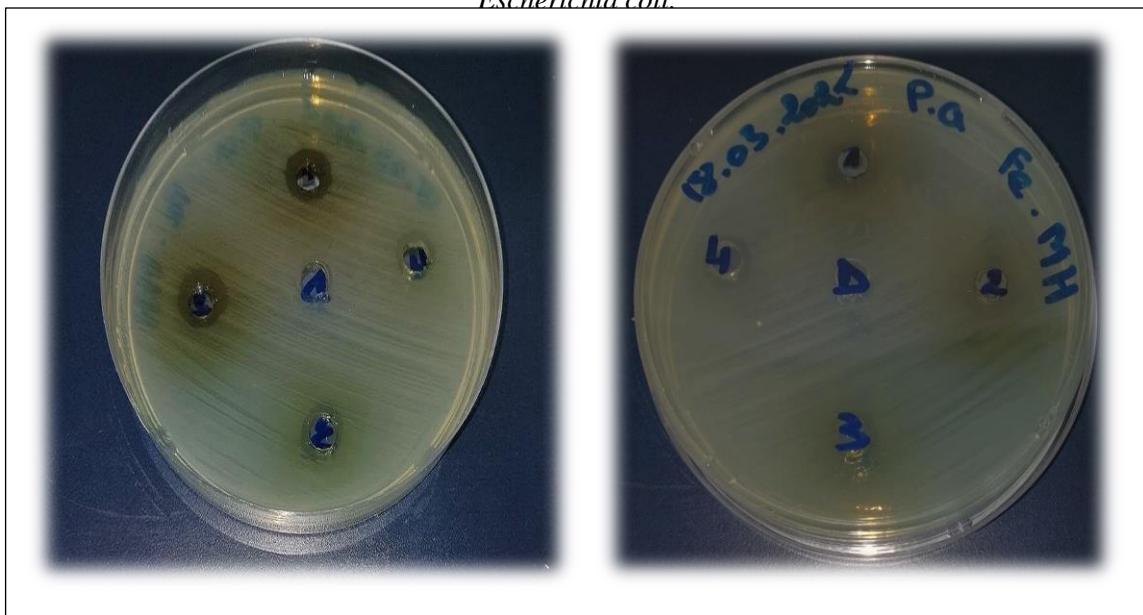
**Figure 07.** L'activité antibactérienne de l'antibiotique (Augmentin) contre *Escherichia coli*.



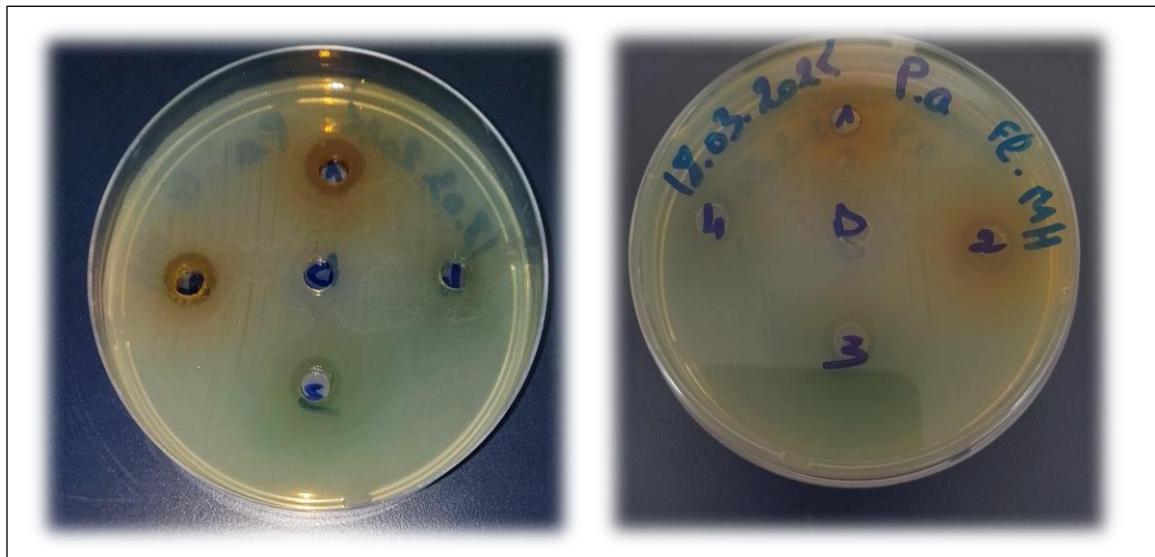
**Figure 08.** L'activité antibactérienne de l'extrait de feuilles de *D. viscosa* contre *Escherichia coli*.



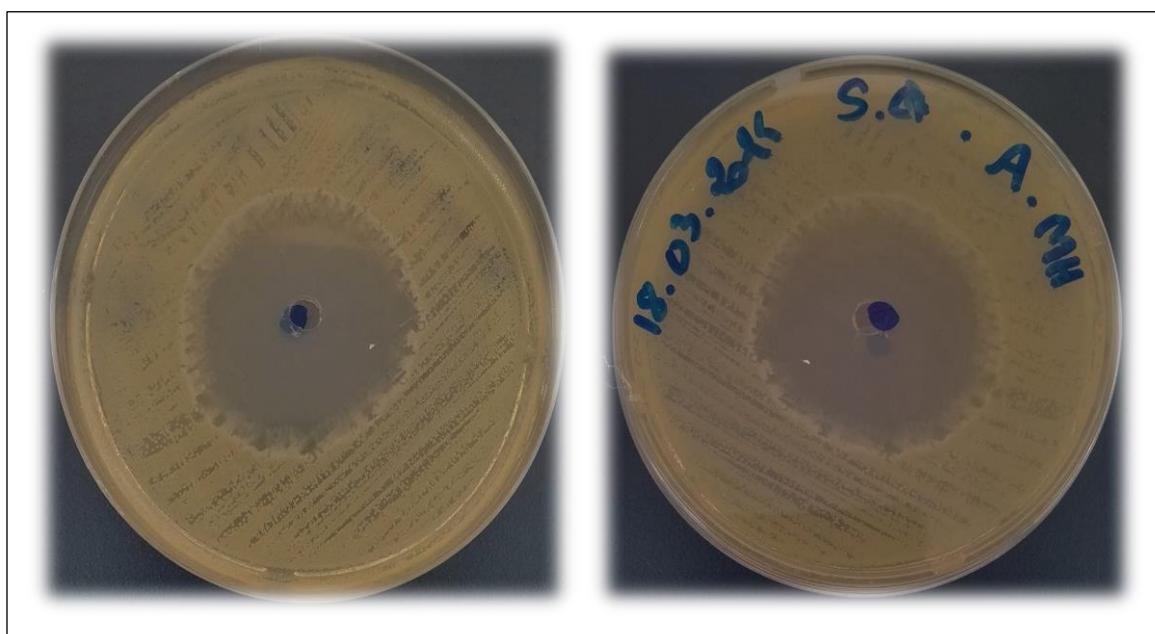
**Figure 09.** L'activité antibactérienne de l'extrait de fleurs de *D. viscosa* contre *Escherichia coli*.



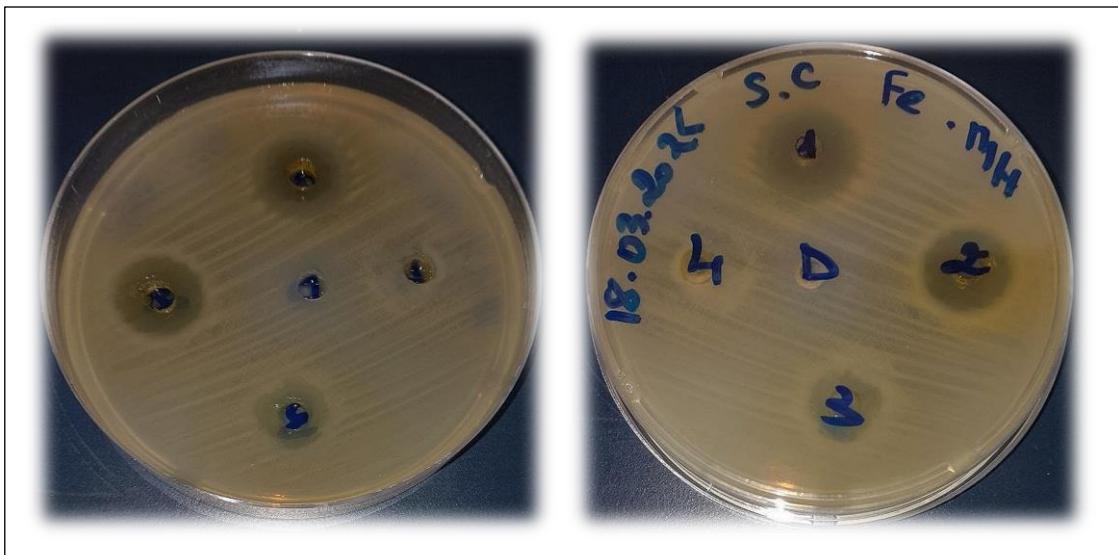
**Figure 10.** L'activité antibactérienne de l'extrait de feuilles de *D. viscosa* contre *Pseudomonas aeruginosa*.



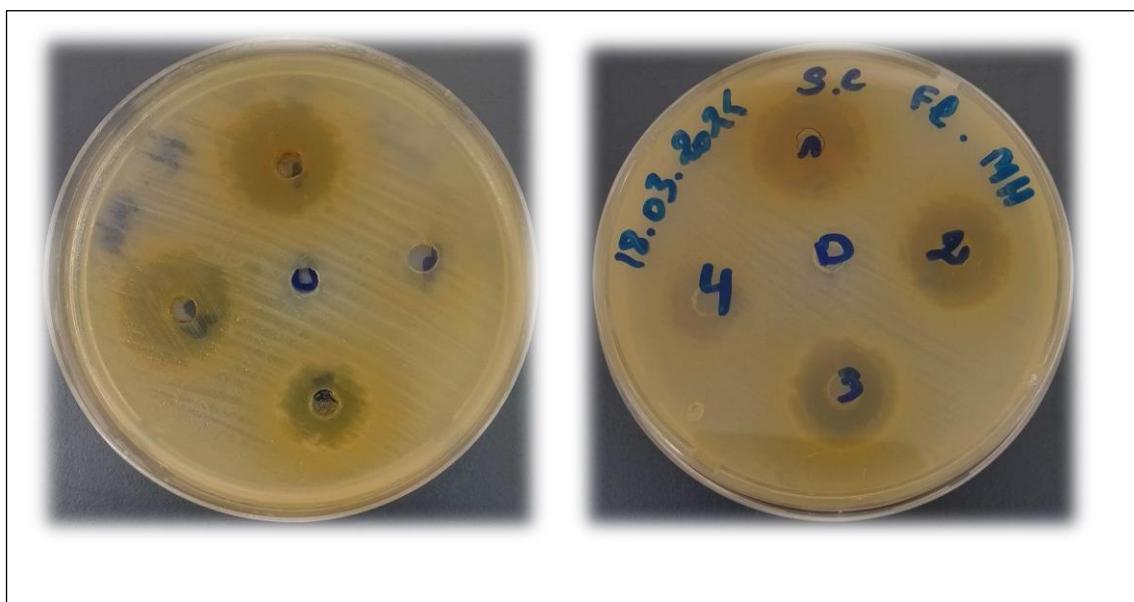
**Figure 11.** L'activité antibactérienne de l'extrait de fleurs de *D. viscosa* contre *Pseudomonas aeruginosa*.



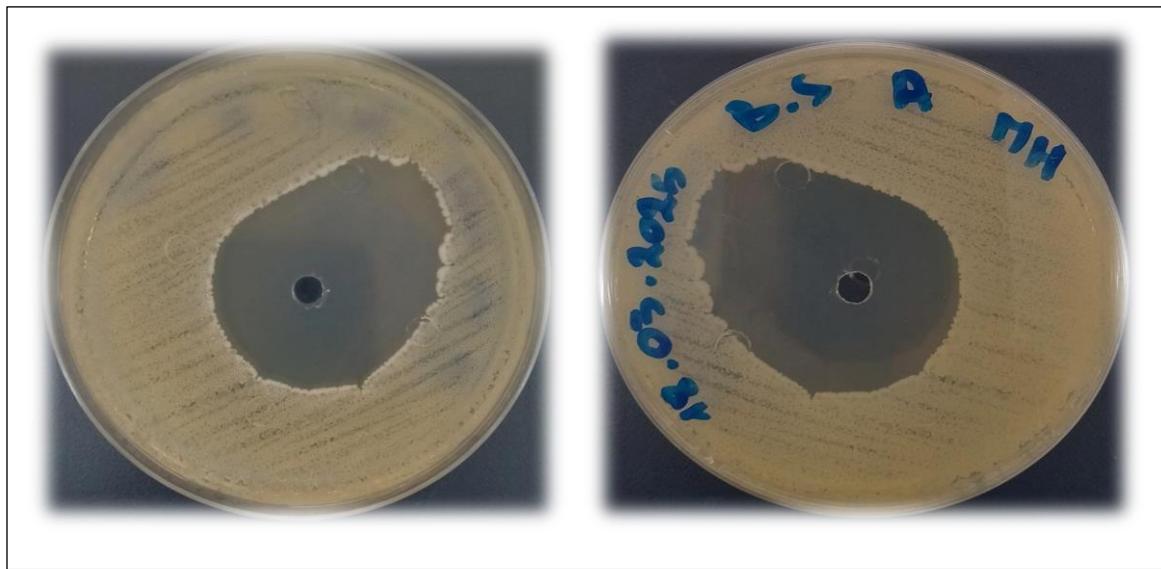
**Figure 12.** L'activité antibactérienne de l'antibiotique (Augmentin) contre *Staphylococcus aureus*.



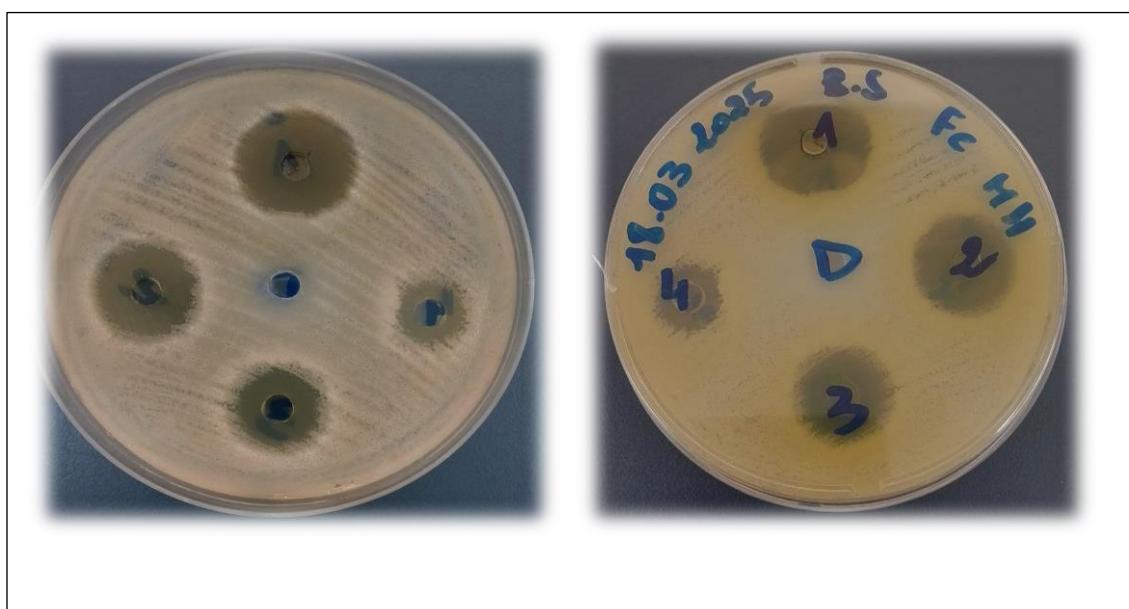
**Figure 13.** L'activité antibactérienne de l'extrait de feuilles de *D. viscosa* contre *Staphylococcus aureus*.



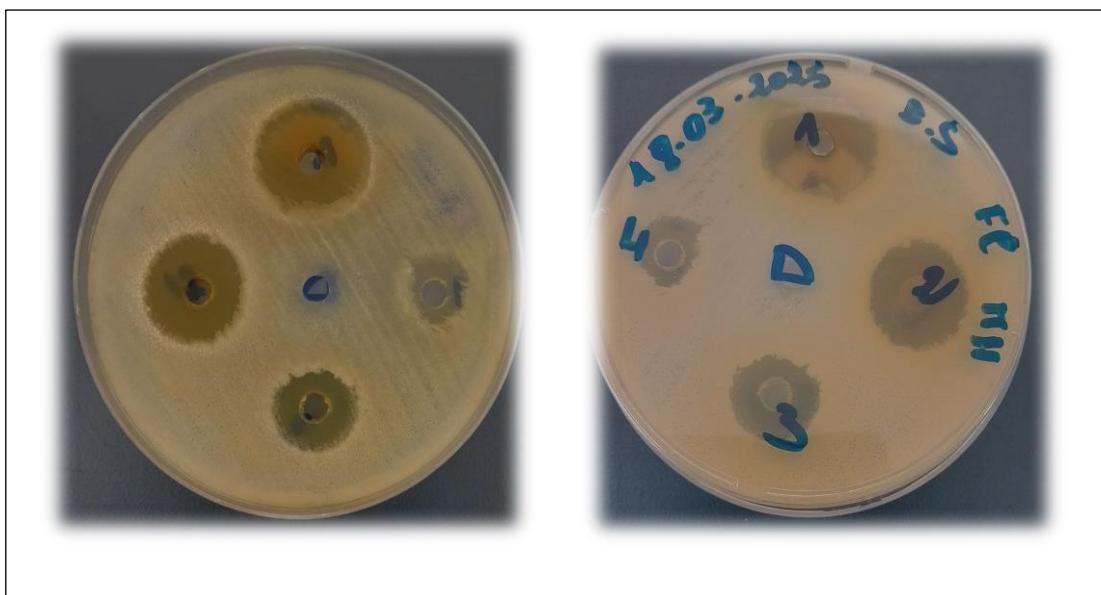
**Figure 14.** L'activité antibactérienne de l'extrait de fleurs de *D. viscosa* contre *Staphylococcus aureus*.



**Figure 15.** L'activité antibactérienne de l'antibiotique (Augmentin) contre *Bacillus sp.*



**Figure 16.** L'activité antibactérienne de l'extrait de feuilles de *D. viscosa* contre *Bacillus sp.*



**Figure 17.** L'activité antibactérienne de l'extrait de fleurs de *D. viscosa* contre *Bacillus sp.*

**Tableau01.** Résultats ANOVA à un facteur pour le test DPPH (IC50)

Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
52,326	2	26,163	899,076	,000
48,735	1	48,735	1674,742	,000
3,591	1	3,591	123,409	,000
0,175	6	,029		
52,501	8			

**Tableau02.** Résultats ANOVA à un facteur pour le test FRAP (A0,5)

Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
,003		,001	352,182	,000
,002		,002	590,727	,000
,001		,001	139,636	,000
,000		,000		
,003				

**Tableau03.** Résultats ANOVA à un facteur pour le test anti-inflammatoire (IC50)

Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
209845,805	2	104922,902	874276,568	,000
191027,158	1	1591745,600	1591745,600	,000
18818,647	1	156807,536	156807,536	,000
,720	6			
209846,525	8			

<b>Année universitaire : 2024-2025</b>	<b>Présenté par :</b> HAMDOUDI Chourouk Elimene HAMEURLAINE Wissam
<b>Etude comparative des activités biologiques d'un extrait hydroalcoolique des parties aériennes (Feuilles et Fleurs) de <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter</b>	
<b>Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie Appliquée</b>	
<p><i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter, une espèce végétale appartenant à la famille des Astéracées, est reconnue pour son usage traditionnel bien établi en tant que plante médicinale, notamment en Algérie. Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation scientifique rigoureuse de ses propriétés thérapeutiques, en ciblant spécifiquement ses activités antioxydantes, anti-inflammatoires et antibactériennes. Les échantillons de <i>D. viscosa</i> ont été récoltés dans la daïra de Hamma Bouziane, située à proximité de la ville de Constantine, en Algérie. Le matériel végétal collecté a fait l'objet d'une analyse phytochimique. Préalablement à toute analyse en laboratoire, une enquête ethnobotanique a été menée. Cette démarche a permis de recueillir des données précieuses sur les connaissances et les applications médicinales traditionnelles de cette plante au sein de la communauté locale. Dans un second temps, l'extraction des composés bioactifs a été réalisée à partir des feuilles et des fleurs de <i>D. viscosa</i>. L'analyse quantitative subséquente a révélé que l'extrait de feuilles présentait des teneurs significativement plus élevées en polyphénols totaux et en flavonoïdes par rapport à l'extrait de fleurs. Concernant les propriétés biologiques des extraits, l'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes complémentaires : le test de piégeage du radical DPPH et le pouvoir réducteur (FRAP). Conformément à leurs teneurs en composés phénoliques, l'extrait de feuilles a systématiquement démontré une capacité antioxydante supérieure. De même, l'activité anti-inflammatoire a été déterminée <i>in vitro</i> par l'inhibition de la dénaturation de l'albumine sérique bovine (BSA). Là encore, l'extrait de feuilles a montré une inhibition plus prononcée, indiquant une meilleure aptitude à stabiliser les protéines et à moduler les processus inflammatoires. En revanche, l'activité antibactérienne des extraits a été testée contre quatre souches bactériennes cliniquement pertinentes : <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Bacillus sp</i>. Il est important de noter que, contrairement aux activités antioxydante et anti-inflammatoire, l'extrait de fleur a montré l'activité antibactérienne la plus forte, caractérisée par des diamètres d'inhibition significativement plus importants que ceux obtenus avec l'extrait de feuilles. Cependant, il a été observé que les deux types d'extraits manifestaient une activité plus limitée contre les bactéries Gram-négatives, particulièrement <i>Escherichia coli</i>. En conclusion, cette investigation confirme le potentiel thérapeutique substantiel de <i>D. viscosa</i>, justifiant pleinement son utilisation traditionnelle. Ces résultats soulignent également son intérêt en tant que source prometteuse de molécules bioactives pour le développement de nouvelles applications biomédicales et pharmacologiques.</p>	
<b>Mots-clés :</b> <i>Dittrichia viscosa</i> , plante médicinale, composés phénoliques, activités biologiques.	
<b>Laboratoires de recherche :</b> laboratoire de Biochimie Appliquée (UFM Constantine 1).	
<b>Président du jury :</b> Dr. MOKRANI El Hassen	(MCA / PROF- UFM Constantine 1).
<b>Encadrant :</b> Dr. BOUDERSA Nabil	(MAB / PROF- UFM Constantine 1).
<b>Examinateur(s) :</b> Dr. TENIOU Soumia	(MCB / PROF - UFM Constantine 1).