

Popular Democratic Republic of Algeria
Ministry of High Education and Scientific Research
Abbes Laghrour University- Khenchela-
Natural and life sciences Faculty
Molecular and Cellular Biology Department



N° de série :

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences de la nature et de la vie**

Filière : **Sciences Biologiques**

Spécialité : **Biochimie Appliquée**

Présenté par :

Ahlem BENMENSOUR

Amira DRAIDI

Thème

**Caractérisation phytochimique et exploration des
activités biologiques du romarin issu de deux régions
de Khenchela**

Mémoire soutenu publiquement le 19/06/ 2025 Devant le jury composé de :

Mme Randa DJEMIL

MCA, Université Abbès Laghrour Khenchela, Présidente

Mme Meriem KRIM

MCB, Université Abbès Laghrour Khenchela, Promotrice

Mme Yasmine ARAB

MCA, Université Abbès Laghrour Khenchela, Examinatrice

Année Universitaire 2024-2025

Remerciements

*Tout d'abord, nous rendons grâce à **Dieu le tout puissant** pour la volonté, la patience et la force qu'il nous a données, sans lesquels l'achèvement de ce travail n'aurait pas été possible.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à notre **encadrante Dr. KRIM Meriem** pour sa disponibilité, ses conseils précieux et sa patience tout au long de ce parcours. Son expertise et son soutien constant ont été déterminants pour la réussite de ce mémoire.*

*Nous adressons nos sincères remerciements également aux membres de jury, **Dr. Djemil Randa** et **Dr. ARAB Yasmine** pour l'évaluation attentive de ce travail et pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce modeste travail.*

*Nous tenons également à remercier tous **les enseignants du département de Biologie de l'université de Khenchela**. Ainsi que tout le personnel administratif.*

*Nous plus profonds remerciements vont à nos **familles** pour leur soutien constant, leur compréhension, qui a été une source de motivation tout au long de ce parcours académique.*

*Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à **toutes les personnes** qui, par leurs conseils, leur soutien ou leur assistance, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

Merci encore une fois

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail à toutes les personnes

qui ont contribué a mon parcours

A mon époux pour son soutien constant et sa patience.

Ta confiance a été une source de force pour moi.

A mère, pour son amour infini et sans condition.

Merci d'être toujours la pour moi.

A la mémoire de mon père.

Il restera a jamais une source d'inspiration et de force dans ma vie.

A mon unique sœur, pour son affection et sa présence à mes côtés.

Ta complicité m'a apporté beaucoup d'aide et de confort.

A mes chères filles .bien que petites encore.

Pour leur amour pur et leur joie de vivre. Vous êtes ma plus grande source de motivation.

A mes neveux, pour leur innocence et l'énergie positive qu'ils apportent a ma vie.

Merci a tous ces personnes, qui par leur présence m'ont permis d'aller au bout de ce mémoire

Benmensour Ahlem

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur encouragement et leur confiance m'ont permis de surmonter les défis et d'atteindre mes objectifs

A mon mari, pour sa présence et son soutien permanent, qui m'ont permis de mener à bien ce projet tout en équilibre avec les défis de la vie

A mes enfants, ma source de joie et de lumière, vous êtes ma fierté et ma motivation. Ce travail est aussi pour vous, avec l'espoir qu'il vous inspire à poursuivre vos rêves

A mon cher frère, ma chère sœur, un remerciement pour votre présence et votre amour qui m'ont permis de traverser les moments difficiles

A toute ma famille, mes amis, qui été toujours présent a mes côtés, votre encouragement constant ma donner une aide précieuse

Draidi Amira

Liste des Matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des matières	
Liste des Figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	I
Introduction	
Chapitre 1 : Généralités sur le romarin	
I. Les plantes médicinales	4
II. La région de Khenchela: richesse en biodiversité végétale	4
III. Présentation de la plante étudiée : Le romarin « <i>Salvia Rosmarinus</i> »	4
III.1 Historique du romarin	4
III.2. Etymologie	5
III.3. Origine et définition	5
III.4. Classification botanique	5
III.5. Description botanique	6
IV. Répartition de la plante dans le monde, l’Afrique et dans l’Algérie	8
Chapitre 02 : Matériel et Méthodes	
I. Matériel	10
I.1. Matériel végétal	10
I.2. Réactifs chimiques et équipements	11
II. Méthodes	12
II.1. Préparation de l’extrait méthanolique	12
II.2. Etude qualitative : Analyse phytochimique	13
II.3. Étude quantitative	14
II.4. Evaluation de l’activité antioxydante (piégeage du radical DPPH)	16
Chapitre 3 : Résultats et discussion	
I. Analyse phytochimique	19
I.1. Rendements des extraits	19
I.2. Tests phytochimiques	21
I.3. Dosage des polyphénols totaux	22
I.4. Dosage des flavonoïdes	22
II. L’évaluation des activités biologiques <i>in vitro</i>	25
II.1. Evaluation de l’activité antioxydante	25

II.2. Evaluation de l'activité antiinflammatoire	27
Conclusion.....	16
Références Bibliographie.....	26

Liste des Figures

Figure 1 : <i>Salvia rosmarinus</i> (Site web 1).....	7
Figure 2 : Distribution géographique de <i>Rosmarinus officinalis</i> selon le Global Biodiversity Information Facility (Site web 3).....	8
Figure 3 : Les étapes de la préparation des extraits méthanoliques.	12
Figure 4 : Histogramme représentant le rendement des deux extraits de <i>Salvia Rosmarinus</i>	19
Figure 5 : Diagramme de pourcentage du rendement d'extraction.....	20
Figure 6 : Photographie de quelques tests positifs pour les deux extraits.....	21
Figure 7 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	22
Figure 8 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.	23
Figure 9 : Diagramme de la comparaison de la teneur en polyphénols et flavonoïdes.....	24
Figure 10 : Courbe de l'activité antioxydante élaborée à partir de plusieurs dilutions.	25
Figure 11 : Diagramme illustrant les valeurs de CI50 des différentes régions.	26
Figure 12 : Diagramme de pourcentage d'inhibition PI%.	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récente Classification botanique <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (Quézel et Santa, 1963).	6
Tableau 2 : Réactifs chimiques et instrumentations.....	11

Liste des abréviations

µg EAG/mg Extrait : Equivalent de microgramme d'acide gallique par milligramme d'extrait

µg EQ/mg Extrait : Equivalent de microgramme de quercétine par milligramme d'extrait

Abs c : Absorbance du controle

Abs t : Absorbance du test

AE : Absorbance de l'Echantillon

At : Absorbance du control négatif

CI₅₀ : Concentration d'inhibition de 50% des radicaux libres

DPPH : 2,2 – Diphényle-1-picrylhydranyl

PI % : pourcentage d'inhibition

RO : Région d'Oualdja

RT : Région de Tamza

UV : Ultra-violet

Résumé

Le romarin (*Salvia rosmarinus*) est une plante aromatique spontanée médicinale de la famille des Lamiacées. Elle est considérée comme l'une des plantes les plus anciennes et les plus célèbres depuis l'Antiquité. Notre travail a eu pour objectifs d'étudier l'influence du facteur région (environnemental) sur les paramètres physiologiques et biochimiques du romarin, il vise donc à réaliser une étude comparative entre deux extraits méthanoliques de la plante issue de deux régions différentes Oualdja et Tamza. Le screening phytochimique a montré la présence de flavonoïdes, de tanins, de quinones libres, de terpénoïdes et de composés réducteurs dans les deux extraits. Les dosages quantitatifs des polyphénols totaux par la méthode de Folin-ciocalteau et des flavonoïdes par la méthode d' AlCl_3 ont révélé que les concentrations les plus élevées de polyphénols et de flavonoïdes ont été trouvées dans l'extrait RT (30.88 ± 1.29 , 35.74 ± 2.41 $\mu\text{g}/\text{mg}$ EAG) et dans l'extrait RO avec une valeur de (27.42 ± 1.40 , 30.22 ± 1.40 μg EQ/mg), respectivement. Les résultats de l'activité antioxydante effectuée en utilisant la méthode de réduction des radicaux DPPH, ont indiqué que l'extrait RO possède une activité plus puissante notamment à des concentrations plus faibles bien que c'est cet extrait RT qui est le plus riche en antioxydants actifs. L'activité antiinflammatoire a été évaluée *in vitro* en évaluant le pourcentage d'inhibition du processus de changement des protéines. Les résultats ont montré que les deux extraits ont une activité importante avec une différence légère, mais on remarque que le pourcentage d'inhibition (PI) de l'extrait RO est le proche de celui du Diclofénac qui est utilisé comme référence.

Mots-clés : *Salvia Rosmarinus*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antiinflammatoire.

Abstarct

Rosemary (*Salvia rosmarinus*) is an aromatic, wild medicinal plant belonging to the Lamiaceae family. It is considered one of the oldest and most renowned plants since antiquity. Our work aimed to study the influence of the regional (environmental) factor on the physiological and biochemical parameters of rosemary, conducting a comparative study between two methanolic extracts of the plant from two different regions: Oualdja and Tamza. Phytochemical screening revealed the presence of flavonoids, tannins, free quinones, terpenoids, and reducing compounds in both extracts. Quantitative assays of total polyphenols using the Folin-Ciocalteu method and flavonoids using the $AlCl_3$ method showed that the highest concentrations of polyphenols and flavonoids were found in the RT extract (30.88 ± 1.29 , 35.74 ± 2.41 $\mu\text{g}/\text{mg}$ GAE) and in the RO extract with values of (27.42 ± 1.40 , 30.22 ± 1.40 μg QE/mg), respectively. The results of the antioxidant activity, assessed using the DPPH radical scavenging method, indicated that the RO extract exhibited stronger activity, particularly at lower concentrations, despite the RT extract being richer in active antioxidants. The anti-inflammatory activity was evaluated in vitro by measuring the percentage inhibition of protein denaturation. The results showed that both extracts had significant activity with a slight difference, though the inhibition percentage (IP) of the RO extract was closer to that of Diclofenac, used as a reference.

Keywords: *Salvia rosmarinus*, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, antiinflammatory activity.

ملخص:

أكليل الجبل هو نبات عطري طبي بري ينتمي إلى الفصيلة الشفوية (الشفويات). يعتبر من أقدم وأشهر النباتات منذ العصور القديمة. هدفت دراستنا إلى بحث تأثير العامل المناخي (البيئي) على الخصائص الفسيولوجية والكيميائية الحيوية للروزماري، من خلال إجراء دراسة مقارنة بين مستخلصين ميثانوليين للنبات من منطقتين مختلفتين هما الولجة و تامزة ، كشف التحليل الكيميائي النباتي عن وجود مركبات الفلافونويد، العفص، الكينونات الحرة، التربينويدات، والمركبات المختزلة في كلا المستخلصين كما أظهرت التحاليل الكمية للبوليفينولات الكلية باستخدام طريقة فولين-سيوكالتيو والفلافونويدات بطريقة $AICl_3$ أن أعلى تركيزات للبوليفينولات والفلافونويدات كانت في المستخلص RT (30.88 ± 1.29 ، 2.41 ± 35.74 ميكروغرام/ملغ مكافئ لحمض القاليك) وفي المستخلص RO بقيم (27.42 ± 1.40 ، 30.22 ± 1.40 ميكروغرام/ملغ مكافئ لحمض القاليك) على التوالي. بينما أشارت نتائج النشاط المضاد للأكسدة، باستخدام طريقة التقاط الجذور الحرة DPPH ، إلى أن المستخلص RO يمتلك فعالية أقوى خاصة عند التركيزات المنخفضة، رغم أن المستخلص RT كان الأغنى بمضادات الأكسدة النشطة. تم تقييم النشاط المضاد للالتهاب في المختبر عن طريق قياس نسبة تثبيط عملية تشوه البروتينات. أظهرت النتائج أن كلا المستخلصين يمتلكان نشاطاً مهماً مع اختلاف طفيف، مع ملاحظة أن نسبة التثبيط (IP) للمستخلص RO كانت الأقرب إلى الديكلوفيناك المستخدم كمرجع.

الكلمات المفتاحية : *Salvia rosmarinus*، بوليفينولات، فلافونويدات، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للالتهاب.

Introduction

Introduction

Depuis longtemps, les plantes médicinales sont un appui précieux pour la santé traditionnelle. Elles renferment des substances naturelles appelées métabolites secondaires, qui sont utiles non seulement pour les plantes elles-mêmes, mais aussi pour la santé humaine. Ces composés intéressent beaucoup les domaines de la médecine, de l'alimentation et même des produits cosmétique (**Chaachouay et al., 2020**).

La région de Khenchela, avec sa nature riche et variée, pleine de plantes utilisées en phytothérapie. Cela mérite une étude plus poussée pour mieux connaître leurs composants chimiques et comprendre comment elles peuvent être utiles (**Adouane, 2016**).

Grâce aux analyses phytochimiques, on peut repérer et mesurer ces substances. Les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les terpènes sont parmi les plus recherchés à cause de leurs effets remarquable (**Dubale et al., 2023**).

Pour vérifier leurs bienfaits, on évalue notamment leur pouvoir antioxydant, antimicrobien ou anti-inflammatoire, permettant non seulement d'établir un lien entre la composition phytochimique et l'efficacité biologique, mais aussi d'ouvrir la voie aux futures applications en pharmacologie et en cosmétologie (**Bruneton, 2016**). Ces propriétés varient en fonction de l'environnement (comme le climat ou le sol) et de la façon dont on extrait les composés. C'est pourquoi il est important de faire une étude locale (**Fais et Era, 2024**).

Dans ce travail, nous avons choisi d'étudier le romarin (*Salvia rosmarinus*), une plante bien connue dans les remèdes traditionnels. Khenchela offre un bon terrain pour étudier la variabilité des composés phytochimiques et les activités biologiques de cette plante.

Notre étude a pour objectif la valorisation de cette plante aromatique et médicinale locale *Salvia rosmarinus* par :

- L'identification des métabolites secondaires présents dans le romarin local en utilisant le screening phytochimique.
- Le dosage des polyphénols et des flavonoïdes.
- L'évaluation *in vitro* de quelques activités biologiques : antioxydante et anti inflammatoire.

Notre travail est structuré en deux parties, initiée par une synthèse bibliographique concerne une généralité sur la plante médicinale, *Salvia rosmarinus* via une description botanique, classification systématique, composition chimique, suivi de leur utilisation traditionnelle et activités biologiques. La deuxième partie c'est une étude expérimentale dont son premier chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail. Dans le deuxième chapitre seront présentés les résultats obtenus et la discussion. Le manuscrit est achevé par une conclusion générale et les perspectives.

Chapitre 1 :

Généralités sur le romarin

Chapitre 01 : Généralités sur le Romarin

I. Les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont des plantes qui contiennent des substances capables d'aider à soigner ou à prévenir des maladies. Ces substances, appelées métabolites secondaires, sont souvent responsables des effets bénéfiques qu'on leur connaît (**Atanasov *et al.*, 2021**). Depuis l'Antiquité, les gens utilisent ces plantes sous différentes formes: en tisane, décoction, huiles ou extraits. Aujourd'hui, les chercheurs s'en inspirent encore pour fabriquer ou améliorer certains médicaments (**Bruneton, 2016**).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'une grande partie de la population mondiale utilise encore aujourd'hui les plantes pour se soigner. Cela montre leur importance aussi bien sur le plan traditionnel que scientifique (**WHO, 2002 ; WHO, 2013**). Mais pour les utiliser de manière efficace et assurer leur innocuité, car elles représentent une source inépuisable pour la santé humaine, il faut bien les connaître et les étudier avec rigueur (**Kouider *et al.*, 2019**).

II. La région de Khenchela: richesse en biodiversité végétale

La wilaya de Khenchela, située dans les Aurès au nord-est de l'Algérie, possède des paysages très variés : montagnes, plaines, forêts, zones humides... Cette diversité crée un environnement idéal pour une grande variété de plantes. On estime que 15 % de la région est couverte de forêts, et elle héberge de nombreuses espèces végétales, dont certaines sont uniques ou utilisées dans la médecine populaire.

Mais cette richesse naturelle est menacée par des problèmes comme la sécheresse, les incendies ou la dégradation des sols. C'est pourquoi des efforts sont faits pour protéger cette biodiversité, à travers des programmes de reboisement et des projets de préservation.

<https://doi.org/10.xxxx/jep.2001.aur%C3%A8s>

III. Présentation de la plante étudiée : Le romarin «*Salvia Rosmarinus*»

III.1 Historique du romarin

Le romarin est une plante utilisée depuis des siècles. Les anciens Égyptiens s'en servaient dans leurs rituels, les Grecs et les Romains pensaient qu'il aidait à la mémoire et à la digestion (**Nieto *et al.*, 2018**). Pendant le Moyen Âge, on l'utilisait contre les maladies, notamment grâce à ses propriétés antiseptiques. Un célèbre remède appelé « eau de la Reine de Hongrie », à base de romarin, était connu pour stimuler la circulation sanguine (**Shubayr, 2023**).

Chapitre 01 : Généralités sur le Romarin

À l'époque de la Renaissance, il était couramment recommandé pour soulager les douleurs. Aujourd'hui, ses bienfaits et ses propriétés antioxydante, anti-inflammatoire et antimicrobienne sont confirmés par la science moderne (Nieto *et al.*, 2018).

Dans la région de Khenchela, le romarin est toujours très présent, aussi bien dans la culture que dans les pratiques de santé traditionnelles (Boutabia *et al.*, 2016).

III.2. Etymologie

Le nom scientifique du Romarin est : *Salvia Rosmarinus*. **Salvia** : du verbe latin Salavar qui signifie « sauver » ou « guérir » en référence aux propriétés médicinales des espèces du genre *Salvia*, et **Rosmarinus** : du latin ros (rosée) et marinus (marin), ce qui signifie « rosée de la mer » en référence à l'habitat naturel de la plante, souvent trouvé sur les rivages marins en Méditerranée (Drew *et al.*, 2017). Le nom latin reflète ainsi à la fois l'habitat côtier de la plante et son rôle dans les pratiques médicinales.

Le romarin peut avoir différentes appellations :

- **Français** : Romarin commun, Romarin officinal, couronne de la montagne
- **Berbère** : Ighzer n waman, Asurar
- **Arabe** : iklil al-jabal, klil,
- **Anglais** : Rosemary

III.3. Origine et définition

Le romarin est une Très bonne plante mellifère, qui se reconnaît de loin par son forte odeur, originaire des régions méditerranéennes, notamment des zones côtières rocheuses, cette plante est particulièrement adaptée aux climats secs et ensoleillés, c'est une plante vivace reconnue pour ses vertus médicinales et culinaires (Fatemeh, 2021). Le romarin possède également une grande valeur symbolique dans de nombreuses traditions, représentant la fidélité, la mémoire et la purification (Muhakret *al.*, 2024).

III.4. Classification botanique

Jusqu'à récemment, le Romarin était classé sous le nom de *Rosmarinus officinalis*, mais des études phylogénétiques ont conduit à son reclassement dans le genre *Salvia* (Drew *et al.*, 2017).

Chapitre 01 : Généralités sur le Romarin

Tableau 1 : Récente Classification botanique *Rosmarinus officinalis* L. (Quézel et Santa, 1963).

Récente Classification botanique *Rosmarinus officinalis* L. (Quézel et Santa, 1963).

Règne	Plantae
Classe	Equisetopsida
Sous classe	Magnoliidae
Super-ordre	Asteranae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Salvia
Espèce	<i>Salvia rosmarinus</i>

III.5. Description botanique

Le romarin (*Salvia rosmarinus*) est un arbuste qu'on retrouve souvent dans les régions méditerranéennes. Il pousse naturellement dans les sols secs, et peut atteindre jusqu'à deux mètres de hauteur. Ses tiges sont rigides, couvertes de petites feuilles vert foncé qui sentent très bon (Francolino *et al.*, 2023).

Chapitre 01 : Généralités sur le Romarin



Figure 1 : *Salvia rosmarinus* (Site web 1).

Les feuilles sont opposées, étroites, persistantes et de forme linéaire. Elles mesurent environ 0,3 à 0,8 cm de large et sont disposés en haut des tiges. Leur surface est couverte de petites cannelures pubescentes. Dans la base de feuille, on peut observer une couche de cellules spécialisées appelées cystolithes (Tuttolomondo *et al.*, 2017).

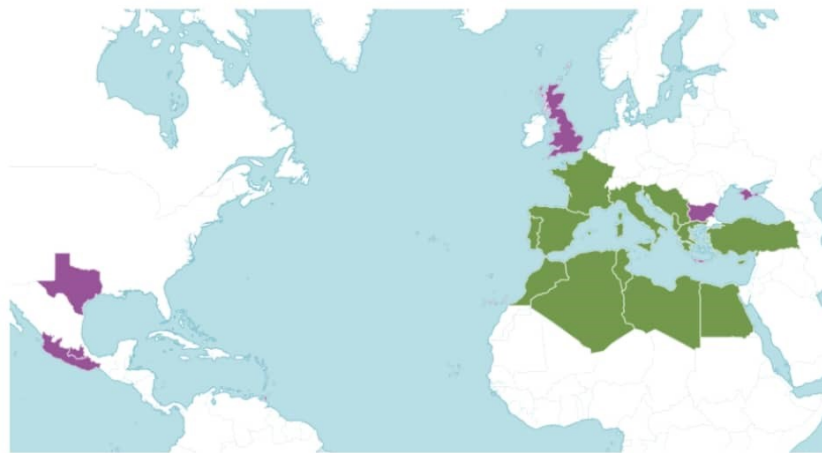
Ses fleurs, bleu clair ou violettes, bien que certaines variétés peuvent être blanches, apparaissent au printemps. Elles sont petites, disposées en épis, et possèdent une forme particulière avec deux lèvres. Les étamines sont au nombre de deux, bien visibles à l'intérieur (Ahmed, 2023). La plante possède un réseau de racines très dense, qui lui permet de survivre dans des sols pauvres en eau (Vagida et Nargiz, 2022). Les jeunes tiges sont carrées et recouvertes de fins poils. Elles sont vert clair à grisâtres et dégagent une forte odeur aromatique due à la présence d'huiles essentielles. En vieillissant, elles deviennent dures et brunes. Grâce à sa forme buissonnante, le romarin résiste bien au vent et à la sécheresse (Site web 2).

Chapitre 01 : Généralités sur le Romarin

IV. Répartition de la plante dans le monde, l'Afrique et dans l'Algérie

Le romarin est une plante typique des régions autour de la mer Méditerranée. Il pousse naturellement dans les zones à climat sec et chaud, avec une préférence pour les sols pauvres. On le trouve principalement dans les régions côtières et montagneuses. A l'échelle mondiale, cette plante est largement répandue dans le sud de la France, en Espagne, en Italie, mais aussi en Afrique du Nord (comme en Algérie) et jusqu'en Asie Mineure. (Benhouhou *et al.*, 2007). En Afrique du Nord, le romarin est bien implanté en Algérie, au Maroc et en Tunisie. Sa capacité a résisté à la sécheresse et au vent en fait une espèce dominante dans plusieurs écosystèmes méditerranéens (Neffati et Sghaier, 2014).

En Algérie, il pousse particulièrement dans les régions du nord et du haut plateau. Dans la wilaya de Khenchela, il pousse spontanément dans les forêts et les sols pierreux. Sa présence abondante dans cette région fait de lui une ressource végétale locale d'un intérêt écologique, économique et médicinal important (Bouzabata *et al.*, 2020).



■ **Native:** Albania, Algeria, Baleares, Bosnia and Herzegovina, ...

■ **Introduced:** Azores, Bermuda, Bulgaria, Canary Islands, Cap...

Figure 2 : Distribution géographique de Rosmarinus officinalis selon le Global Biodiversity Information Facility (Site web 3)

Chapitre 02 :

Matériel et Méthodes

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

Cette étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire pédagogique de l'université Abbes Laghrour de Khenchela durant le mois d'avril 2025. Elle vise à évaluer les caractéristiques phytochimiques et biologiques de *Salvia rosmarinus*. Ces essais ont été réalisés sur deux échantillons du romarin récolté de deux régions distinctes. Cette perspective permet d'observer si l'origine géographique influence les caractéristiques de la plante, en particulier leur teneur en métabolites secondaires.

Notre protocole de manipulation se compose de deux parties :

✓ La première concerne l'extraction et l'analyse phytochimique des échantillons du romarin par une étude qualitative et quantitative. La démarche est la suivante :

➤ **Extraction méthanolique du *Salvia rosmarinus***

➤ **Analyse phytochimique :**

• **Une étude qualitative**

- Screening phytochimique

• **Une étude quantitative**

- Dosage des poly phénols totaux.

- Dosage des flavonoïdes.

✓ La deuxième c'est l'évaluation des activités biologiques et pharmacologiques *in vitro* :

• Evaluation de l'activité antioxydante.

• Evaluation de l'activité anti inflammatoire

I. Matériel

I.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude provient de la plante de romarin (*Salvia Rosmarinus*) récoltées manuellement dans deux régions différentes de la wilaya de Khenchela ; région de Tamza (RT) et région d'Oualdja (RO) au cours du mois de février 2025. Après la récolte, seules les feuilles ont été sélectionnées pour la suite des expériences. Ces dernières ont été lavés a l'eau courante afin d'éliminer toute impureté, ensuite séchées à l'air libre, dans un endroit propre, sec et à l'abri de la lumière directe, pendant environ deux semaines. Une fois sèches, les feuilles sont broyées à l'aide d'un moulin électrique jusqu'à obtention d'une poudre fine, conservée dans des flacons en verre foncé, à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à l'utilisation.

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

I.2. Réactifs chimiques et équipements

Le tableau 2 représente les réactifs chimiques et les instrumentations utilisés :

Tableau 2 : Réactifs chimiques et instrumentations.

Réactifs chimiques et solvants	Appareillages utilisés	Matériels
Hydroxyde d'ammonium NH_4OH	Spectrophotomètre	Bécher
Hydroxyde de sodium NaOH	Bain Marie	Eprouvette graduée
Acide sulfurique H_2SO_4	Etuve universelle de 220°C	Pissette d'eau
Chloroforme CCl_4	avec ventilation (MEMMERT)	Ballon à fond rond
Acide acétique	Agitateur magnétique	Spatule
Méthanol CH_3OH	(SCIOGEX)	Entonnoir
Chlorure d'aluminium AlCl_3	Balance analytique (OHAUS)	Burette graduée
Carbonate de Sodium NaCO_3	Balance(KERNPCB)	Eprouvette graduée
Réactif Mayer	Evaporateur	Tubes à essai+ Support
Réactif Wagner		Flacons
Réactif de Folin		Pince
Solution de Fehling		Papier filtre
DPPH en poudre		Pipette graduée
Sérum Albumine Bovine		Micropipette
Eau distillée		Verre de montre
		Barreau Magnétique
		Boîtes de pétri

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

II. Méthodes

II.1. Préparation de l'extrait méthanolique

Deux extraits méthanoliques sont préparés à partir des poudres végétales de feuilles de romarin issues de deux régions différentes. Pour chaque échantillon une quantité de 20 g de poudre végétale est mélangée avec 100 ml d'une solution hydro-alcoolique (méthanol 80 ml /eau distillée 20 ml) dans un bécher avec un barreau magnétique, la préparation a été couverte par un parafilm et le bécher par papier aluminium puis placé sur l'agitateur magnétique pendant 24 heures. Les mélanges récupérés sont ensuite filtrés sur un papier filtre et soumis à une évaporation à sec sous température qui ne dépasse pas 40° à l'aide d'un évaporateur rotatif.

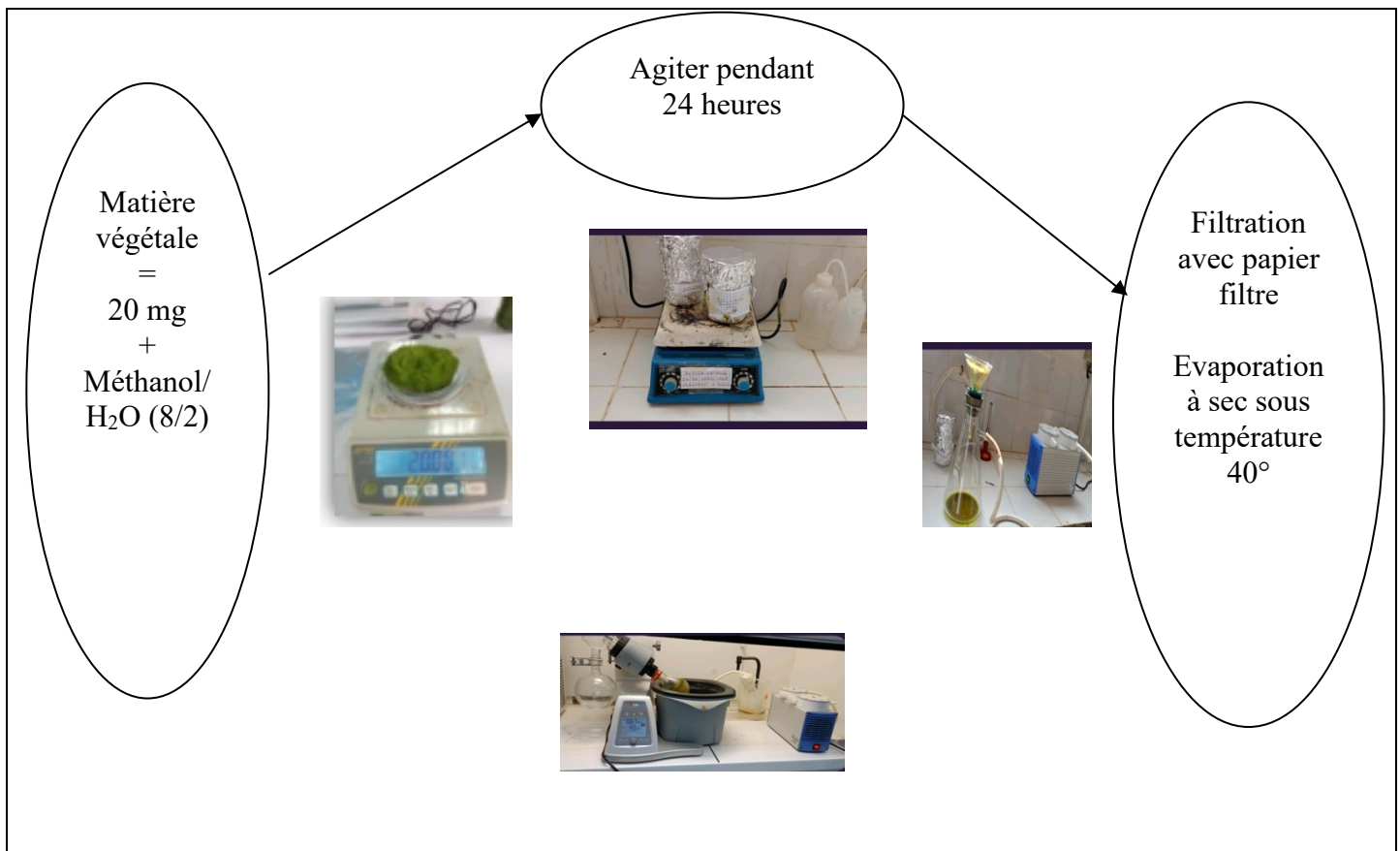


Figure 3 : Les étapes de la préparation des extraits méthanoliques.

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

II.2. Etude qualitative : Analyse phytochimique

L'ensemble de tests réalisés afin de repérer les principaux composés présents dans les échantillons de romarin, ils permettent de marquer les différents métabolites secondaires et d'identifier certaines familles comme alcaloïdes, flavonoïdes, tanins... Chaque test entraîne un changement soit de couleur ou l'apparition d'un précipité ce qui permet de confirmer la présence de composé recherché (**Maheshwaran et Nadarajah, 2023**). Chaque test a été appliqué aux deux échantillons.

➤ **Flavonoïdes (test de Shinoda) :**

Dans un bécher, macérer 10 g de poudre sèche dans 150 ml d'HCl dilué (1 %), le bécher est recouvert de parafilm et enveloppé par une feuille d'aluminium et laisser pendant 24 heures sur un agitateur magnétique. Le mélange est filtré et poursuivi avec le test suivant : prélever 10 ml du filtrat, le rendre basique par l'ajout des gouttes de NH_4OH à 10 %.

- L'obtention d'un anneau confirme la présence des flavonoïdes

➤ **Saponosides : Test de mousse :**

Dans un tube à essai, mettre 10 ml d'extrait et agiter le tube longitudinalement pendant 15 secondes. Laisser reposer 15 minutes.

- La hauteur de mousse constante résultante indique la présence de saponines, puis on mesure la hauteur de mousse produite dans le tube.

➤ **Tanins :**

Mettre 2 ml de l'extrait dans un tube à essai, puis on ajoute 0.5 ml d'une solution aqueuse de chlorure de fer (FeCl_3) à 1%.

- La présence d'une coloration verdâtre ou bleue noirâtre indique la présence de tanins.

➤ **Quinones libres :**

Pour détecter la présence de quinones libres, dans un tube à essai ajouter 0,5 ml dilué à 1 % d'hydroxyde de sodium (NaOH), à 5 ml d'extrait.

- La couleur jaune, rouge ou violette indique la présence des quinones libres.

➤ **Coumarines : Fluorescence UV :**

Préparer deux tubes à essai, dans le premier introduire 0.5 ml d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) dilué à 10 % avec 1 ml de l'extrait, et dans le deuxième préparer un extrait non traité au NH_4OH qui va nous servir d'un témoin. Après on dépose une goutte sur un papier-filtre.

- La présence de coumarines est indiquée par l'apparition d'une fluorescence intense sous lumière ultraviolette (365 nm).

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

➤ **Stérols et triterpènes : Test de Liebermann-Burchard :**

Dans un tube à essai, introduire 5 ml de l'extrait et ajouter 0.5 ml d'anhydride acétique et 0.5 ml d'acide sulfurique. Laissez-le dans une période d'incubation pendant 15 minutes.

- L'apparition d'une couleur violette ou verte, indique que le test est positif.

➤ **Composés réducteurs :**

Dans un tube à essai introduire 1 ml d'extrait, ajouter 2 ml de la solution de Fehling (1 ml de la solution A et 1 ml de la solution B) puis incuber dans un bain marie bouillant pendant 8 minutes.

- Une précipitation rouge brique indique un test positif.

➤ **Terpénoïdes : Test de Salkowski :**

On ajoute à 5 ml d'extrait, 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré.

- La formation de deux phases et l'apparition d'une couleur brune dans l'interphase indiquent la présence de terpénoïdes.

➤ **Alcaloïdes :**

Dans un bécher, on ajoute à 1 ml de l'extrait, des gouttes d'acide chlorhydrique dilué à 1 % puis on divise la solution en deux parties égales dans deux tubes avec l'ajout de 0.5 ml de réactif de Mayer dans le premier tube, comme ajouter la même quantité de 0.5 ml de réactif de Wagner dans le deuxième tube.

- Un précipité blanc ou brun se forme, respectivement, indiquant la présence d'alcaloïdes.

➤ **Anthraquinones :**

On mélange 5 ml de l'extrait avec 5 ml d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH dilué à 10 %), en suite on agite.

- L'apparition d'une couleur violette indique un résultat de test positif.

II.3. Étude quantitative

II.3.1. Dosages des polyphénols totaux

Le contenu total en polyphénols des extraits méthanoliques a été déterminé en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu, une technique largement utilisée pour doser les polyphénols des extrais végétaux. Ce réactif est composé principalement d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$), d'acide phosphotungustique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$), et d'eau (**Pérez *et al.*, 2023**), tous les composés phénoliques sont oxydés, ce qui aboutit à la formation d'oxyde bleus de tungstène et le molybdène (**Rejeb, 2007**).

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

a. Mode opératoire

Ce dosage a été réalisé selon la méthode décrite par **Bendjersi (2017)** :

- 200 µl d'extraits méthanoliques + 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué à 10 %.
- Agitation, et incubation pendant 04 min à la température ambiante.
- Ajout de 800 µl de solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (75 mg/ml).
- Incubation pendant 2 heures dans l'obscurité et à température ambiante.
- L'absorbance est étudiée à 765 nm, par spectrophotométrie UV-visible.

b. Expression des résultats

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique qui est l'étalon le plus utilisé dans la méthode de Ciocalteu à différentes concentrations et exprimée en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAG/mg E}$).

II.3.2. Dosages des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par la méthode colorimétrique, de l'hydroxyde de sodium (NaOH) et du trichlorure d'aluminium (AlCl_3). On observe la formation d'un complexe jaune qui est absorbé dans le visible à 448 nm (**Zirare, 2014**).

a. Mode opératoire

Le port des gants et de lunette dans ce protocole est obligatoire afin de réduire les risques de la manipulation.

- 500 µl de chaque extrait ont été ajoutés à 500 µl de la solution d' AlCl_3 (2 % dans le méthanol).
- Agiter puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 10 min.
- L'absorbance est mesurée à 448 nm en utilisant un spectrophotomètre UV.
- Le blanc est préparé de la même façon mais l'extrait est remplacé par le solvant qui est le méthanol.

b. Expression des résultats

Selon une courbe d'étalonnage linéaire ($y = a x + b$) produite par un étalon de référence : la quercétine avec différentes concentrations, la quantité de flavonoïdes a été déterminée, les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EQ/mg}$).

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

II.4. Evaluation de l'activité antioxydante (piégeage du radical DPPH)

En raison de sa stabilité en forme radical libre, Le radical, 2-Diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH) est le substrat le plus utilisé pour évaluer l'activité anti oxydante (**Bozinot *et al.*, 2008**).

a. Mode opératoire

- La solution de DPPH est préparée par solubilisation de 4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol.
- Réaliser des dilutions des deux extraits (0.2/0.4/0.6/0.8/1).
- 100 µl de chaque dilution des deux extraits a été mélangés avec 900 µl de la solution de méthanol de DPPH à 0.004 %.
- Incubation à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 minutes.
- En présence de composés anti-radicalaire, le radical DPPH change de couleur et vire de la couleur violette à la couleur jaune.
- L'absorbance est mesurée à 517 nm.
- Le contrôle négatif est composé de 100 µl de méthanol et de 900 µl de la solution de DPPH.
- Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard; acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions de dilution (0.2/0.4/0.6/0.8/1) que les échantillons.

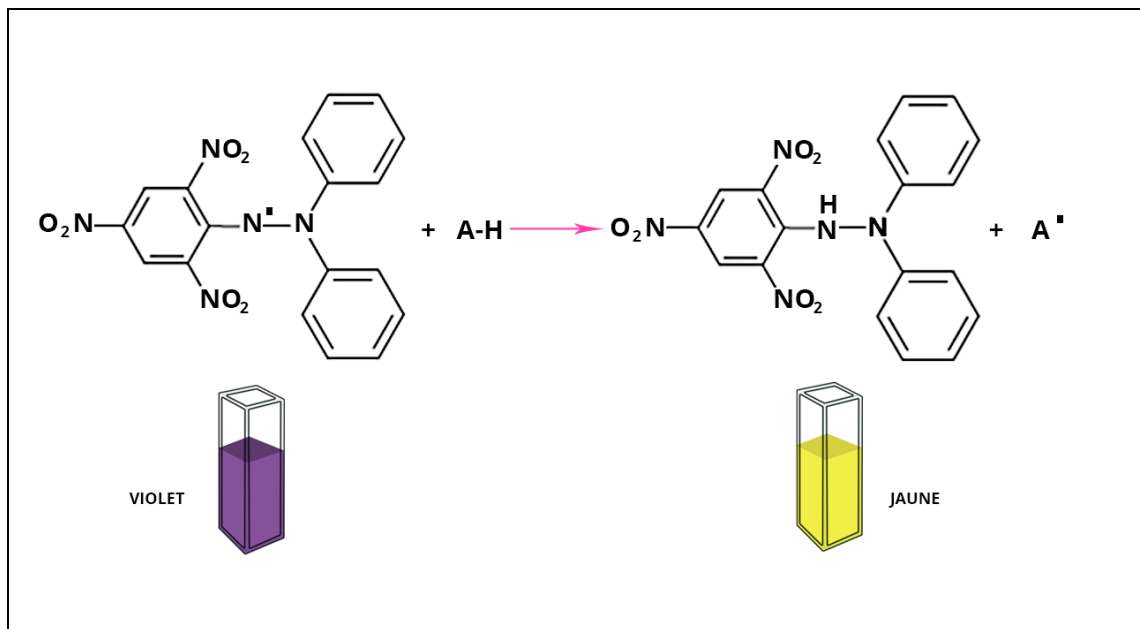


Figure 11 : Réduction du DPPH par un antioxydant.

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

b. Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (% PI) du DPPH selon la formule suivante

$$\text{PI \% du DPPH} = \frac{(\text{At} - \text{AE})}{\text{At}} \times 100$$

At : Absorbance du control négatif (blanc)

AE : Absorbance de l'échantillon

Les absorbances du blanc et de l'extrait observée respectivement à 517 nm à partir d'équations de régression linéaire des graphes : $Y = ax + b$

La concentration de l'extrait essentiel pour balayer 50 % des radicaux libres ou CI_{50} a été calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés, (pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des deux extraits) selon l'équation suivante : $CI_{50} = (Y - b) / a$

II.5. Evaluation de l'activité antiinflammatoire

L'activité antiinflammatoire de l'extrait du romarin a été évaluée *in vitro* par la méthode de **Kandikattu et al. (2013)**. Cette méthode repose sur la capacité d'un extrait à empêcher la dénaturation des protéines, notamment celle du sérum albumine Bovine (BSA), lorsqu'elle est soumise à une température élevée (57 C°) (**Boutoumou et Ziat, 2020**). La dénaturation des protéines étant à l'origine de nombreuses réactions inflammatoires, inhiber ce processus permet de prédire un effet antiinflammatoire. Le Diclofénac de sodium a été utilisé comme standard de référence.

a. Mode opératoire

- Dans un tube ajouter 100 µl de l'extrait.
- Ajouter 900 µl d'albumine bovine.
- Deux incubations successives ; la première a 37°C pendant 20 min et la deuxième a 57°C pendant 30 min.
- Ajouter 5 ml de tampon phosphate.
- La turbidité est mesurée à 660 nm.

b. Expression des résultats

$$\text{Pourcentage d'inhibition \%} = \frac{\text{Abs C} - \text{Abs T}}{\text{Abs C}} * 100$$

- **Abs C** : Absorbance de control
- **Abs T** : Absorbance de test

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

I. Analyse phytochimique

I.1. Rendements des extraits

Le rendement d'extraction représente la quantité d'extrait obtenu à partir d'une masse donnée de matière végétale sèche. Dans notre étude on a deux extraits méthanoliques issus des deux échantillons du romarin, le rendement respectif, exprimé en pourcentage calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement \%} = \text{masse de l'extrait après évaporation (sec)} / \text{Masse de la plante sèche utilisée} \times 100$$

Les résultats obtenus sont représentés dans l'Histogramme ci-dessous permettant de faire une comparaison entre les rendements des deux extraits :

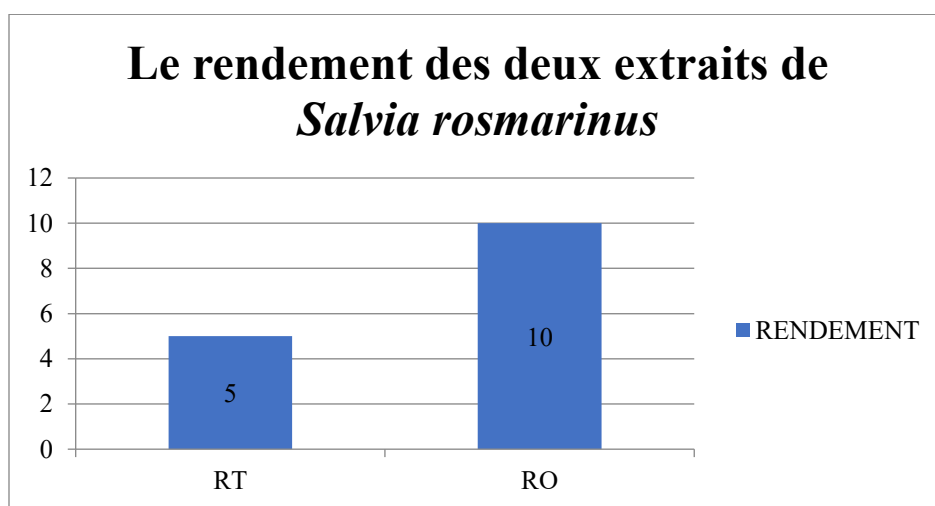


Figure 4 : Histogramme représentant le rendement des deux extraits de *Salvia Rosmarinus*.

La comparaison du rendement d'extraction des métabolites secondaires du romarin récolté dans les deux régions a révélé une variation importante. Le rendement obtenu pour la première région est de 5 % tandis que celui de la deuxième est de 10 %. Une analyse comparative de plusieurs travaux révèle des différences dans le rendement d'extraction.

Le diagramme ci-dessous illustre de manière comparative les rendements d'extraction (%) obtenus à partir de plantes récoltées dans différentes zones géographiques :

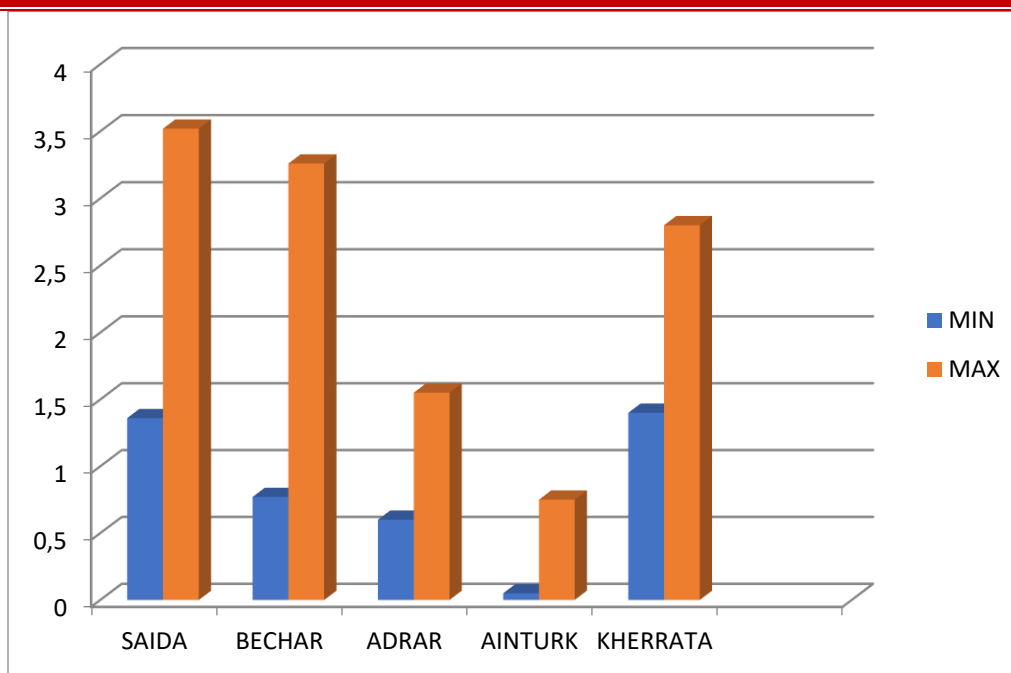


Figure 5 : Diagramme de pourcentage du rendement d'extraction.

selon le changement géographique. Les valeurs les plus faibles sont observées dans les régions du nord comme Kherrata (0.26 ± 1.40) et Ain turk (0.05 ± 0.70) (Hendel *et al.*, 2019), tandis que les rendements les plus élevés sont signalés dans zones internes comme Saida avec un taux de 1.36 ± 2.16 (Maria José *et al.*, 2011). On a marqué aussi une valeur de 0.77 ± 2.49 et de 0.60 ± 0.95 pour l'extrait de Bechar et Adrar, respectivement (Bekhechi *et al.*, 2024). En revanche dans le cadre de notre étude, les rendements obtenus à Tamza (5 %) et Oualdja (10 %) cette différence peut être expliquer par plusieurs facteurs :

- Une composition chimique naturellement plus concentré en huiles essentielles dans les populations locales de *Salvia Rosmarinus*, due à des conditions pédoclimatiques favorable (sol, ensoleillement, altitude...) (Mamen *et al.*, 2024).
- Une période de récolte (Février) proche du pic d'accumulation des métabolites secondaire contrairement à certaines études ayant récolté hors saison optimale (Muzaffer *et al.*, 2022).
- Une différence génétique entre les chémotypes de romarin qui pourrait produire plus de substances actifs (Boumghar *et al.*, 2023).

Ces résultats suggèrent que la région de Khenchela et en particulier Oualdja présente un fort potentiel pour la production d'extraits riches en métabolites.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

I.2. Tests phytochimiques

Ces tests ont été réalisés afin de détecter la présence des principaux métabolites secondaires présents dans les extraits de romarin, permettant l'évaluation qualitative de la composition chimique de la plante.

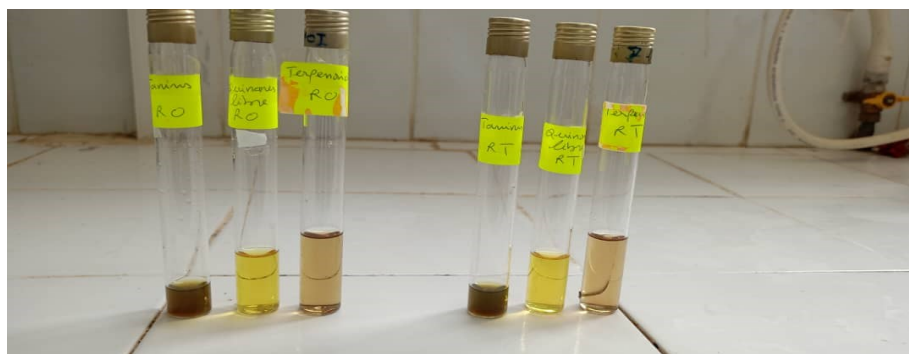


Figure 6 : Photographie de quelques tests positifs pour les deux extraits.

Les analyses phytochimiques des extraits issus des deux régions ont révélé des résultats similaires ; nous avons observé une forte présence des flavonoïdes, test positif également pour les tanins, les quinones libres, terpénoïdes et une présence mais faible de composés réducteurs. Par ailleurs nos deux extraits ont donné des résultats négatifs pour les : coumarines, anthraquinones, stérols et triterpènes, saponosides et alcaloïdes. Cette similarité désigne une composition chimique relativement stable du romarin malgré la différence de la région.

Une autre étude a été réalisée au niveau de la wilaya de Khenchela dans la région de Khirene par **Mamen *et al.* (2024)** et qui confirme une certaine stabilité des métabolites secondaires présent dans les échantillons prélevés au niveau de la wilaya à l'exception des Saponosides qui ont donné un résultat différent.

Les résultats de l'analyse phytochimique des extraits de romarin récoltés dans notre étude se distinguent significativement de celui observé dans d'autres régions du pays, en effet on a remarqué une présence positive d'alcaloïdes dans l'extrait récolté de la région de Ouargla et également un test positif pour les saponosides et coumarines au niveau d'Ouargla (**Karouche *et al.*, 2021**), Eltaref (**Mouissi *et al.*, 2022**) et Bechar (**Makhloufi, 2012**).

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Ainsi les différences observées entre les résultats de notre étude et ceux rapportés dans d'autres régions confirment l'importance de l'origine géographique dans la production de certains métabolites secondaires notamment les : saponosides, alcaloïdes et coumarines, et dans la détermination du profil phytochimique du romarin (Jordan *et al.*, 2011).

I.3. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols a été réalisé selon la méthode de Folin-Ciocalteu couramment utilisée pour sa simplicité et sa sensibilité. Les résultats obtenus sont exprimés en μg équivalent d'acide gallique par milligramme de la matière végétale sèche (μg EAG/mg), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (Figure 07).

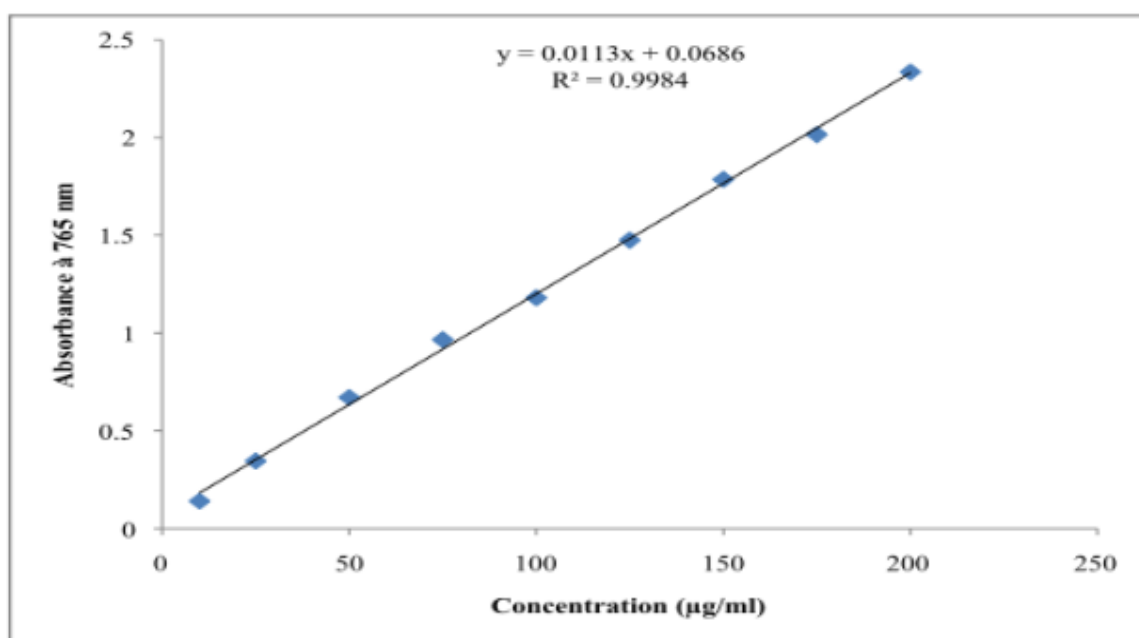


Figure 7 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

I.4. Dosage des flavonoïdes

Dans ce travail, la teneur en flavonoïdes totaux a été évaluée par la méthode de trichlorure d'aluminium, des mesures de densité optique pour chaque extrait réalisé à 448 nm. Une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine à différentes concentrations a été tracée. Les quantités des flavonoïdes correspondantes ont été rapportées en équivalent microgrammes de quercétine par milligramme d'extrait (μg EQ/mg d'extrait) et déterminées par l'équation de type : $Y = a x + b$

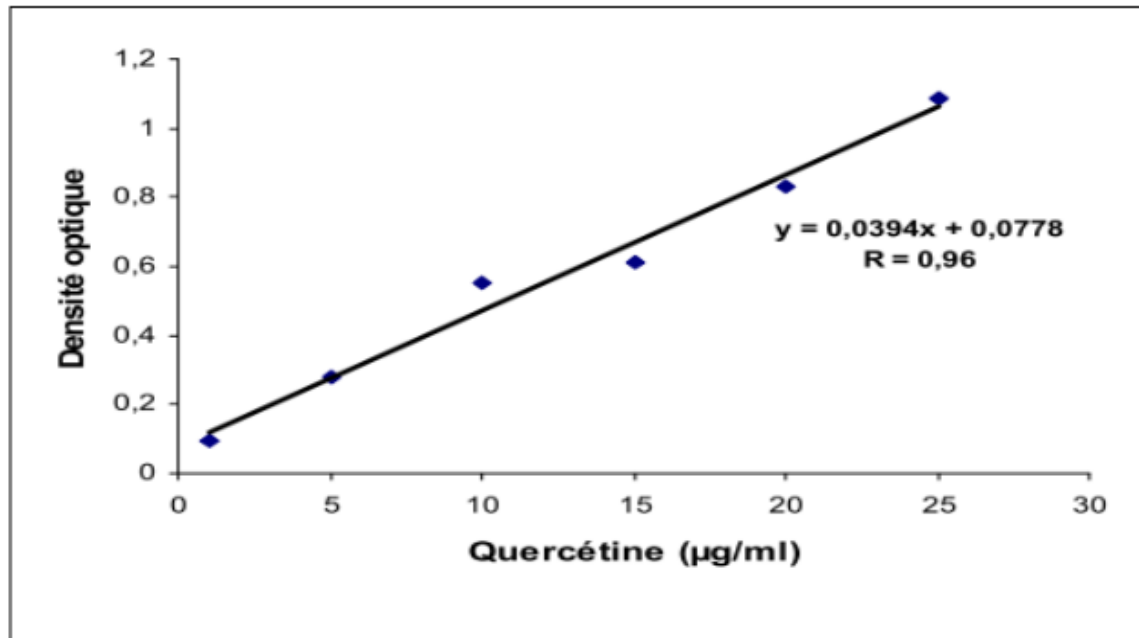


Figure 8 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

L'extrait du *Salvia rosmarinus* qui provient de la région de Tamza contient une plus grande quantité de polyphénols et de flavonoïdes que celui récolté de la région d'Oualdja, cette différence peut être liée aux conditions dans lesquelles les plantes ont poussé, de nombreuses études ont montré que les facteurs comme le climat, la nature de sol.... influencent directement la production de métabolites secondaires, lorsque la plante est soumise à des conditions difficiles elle produit souvent de substances de défense comme les polyphénols et les flavonoïdes (Mamen *et al.*, 2024). D'autres travaux également ont souligné que l'emplacement géographique joue un rôle direct sur la composition du romarin, en particulier l'acide rosmarinique ou la lutéoline qui varie d'une région à autre (Figuro *et al.*, 2018).

Afin d'évaluer l'impact de la variation géographique sur la richesse en composés bioactifs, plusieurs études ont été menées à travers différentes régions algériennes en utilisant des protocoles similaires.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

La comparaison est représentée par le digramme suivant :

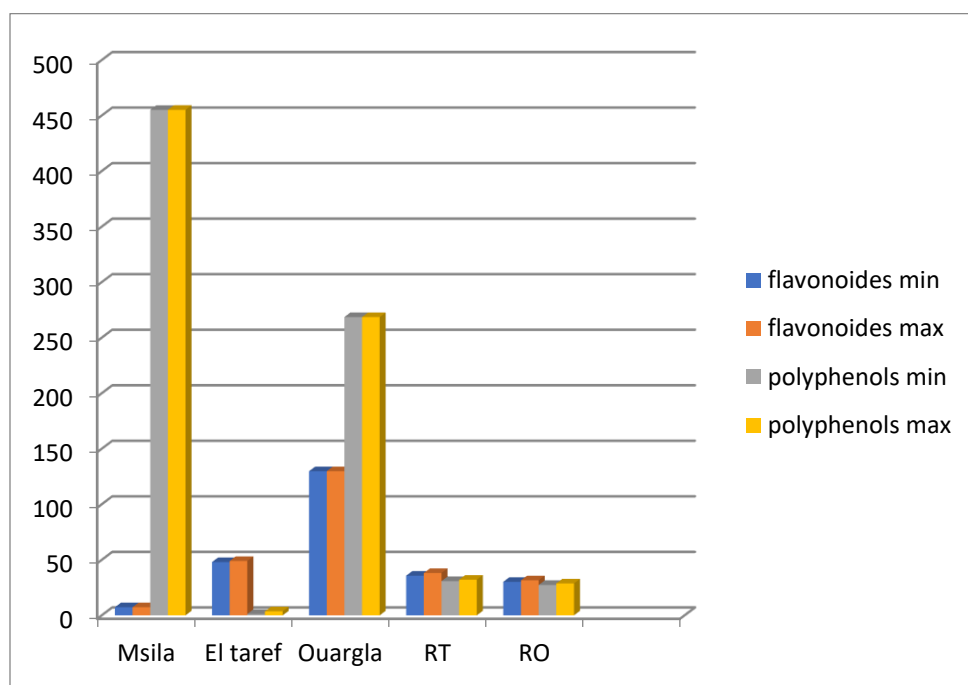


Figure 9 : Diagramme de la comparaison de la teneur en polyphénols et flavonoïdes.

L'étude comparative des teneurs en flavonoïdes et en polyphénols totaux dans différents extraits de *Salvia Rosmarinus* issus de diverses régions d'Algérie met en évidence une variabilité phytochimique marquée qui reflète l'influence des conditions environnementales pédoclimatiques sur la biosynthèse des métabolites secondaires. On remarque que l'échantillon provenant d'Ouargla présente la teneur la plus élevée en flavonoïdes ($129.84 \mu\text{g EQ/mg}$) (Karouche *et al.*, 2021), suivie de l'échantillon d'Eltaref ($48.01 \pm 0.9 \mu\text{g EQ/mg}$) (Hendel *et al.*, 2019).

Les extraits étudiés des deux régions Oualdja et Tamza affichent des teneurs intermédiaires respectives de 30.22 ± 1.40 et 35.74 ± 2.41 , tandis que l'échantillon de Msila montre la valeur la plus faible est de ($7.33 \pm 0.04 \mu\text{g EQ/mg}$) (Bencheikh *et al.*, 2024). En ce qui concerne les polyphénols totaux, la plus forte concentration est enregistrée à Msila ($455.10 \pm 0.07 \mu\text{g EAG/mg}$) (Bencheikh *et al.*, 2024), suivi d'Ouargla $268.575 \mu\text{g EAG/mg}$ (Karouche *et al.*, 2021). A l'inverse l'échantillon d'Eltaref présente une teneur très faible ($1.27 \pm 2.4 \mu\text{g EAG/mg}$) (Hendel *et al.*, 2019), tandis que les échantillons de notre étude présentent toujours des valeurs intermédiaires de 30.88 ± 1.29 pour l'échantillon de Tamza et 27.42 ± 1.40 pour la région d'Oualdja.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Ces différences confirment les données rapportées dans diverses études selon lesquelles les teneurs en composés phénoliques et flavonoïdes peuvent varier considérablement en fonction de l'origine géographique, des facteurs climatiques (Bouhdid *et al.*, 2020). Comme évoqué lors de la comparaison des rendements, cette différence peut résulter de divers facteurs tels que la nature du sol, la saison de récolte ou encore la différence génétique (Borras-Linares *et al.*, 2014).

II. L'évaluation des activités biologiques *in vitro*

II.1. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante permet d'évaluer la capacité d'un extrait à neutraliser les radicaux libres ; dans ce travail elle a été mesurée en utilisant la méthode DPPH. Elle est représentée par le graphe suivant :

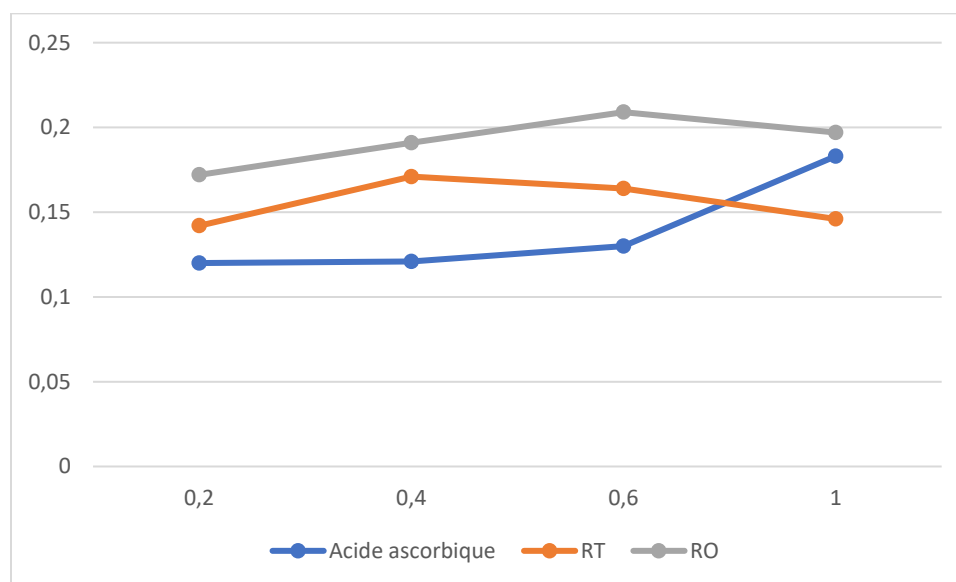


Figure 10 : Courbe de l'activité antioxydante élaborée à partir de plusieurs dilutions.

Concernant les résultats obtenus par calcul des valeurs IC_{50} c'est à dire la concentration nécessaire pour piéger 50 % des radicaux libres, ces valeurs nous permettent de comparer directement la puissance antioxydante des différents extraits.

L'acide Ascorbique utilisé comme référence donne une meilleure activité avec une IC_{50} très basse (5.2 $\mu\text{g/ml}$). Quand à nos échantillons l'extrait RO possède un IC_{50} un peu plus élevé (12.7 $\mu\text{g/ml}$), cela traduit une forte capacité antioxydante, par ailleurs l'extrait qui provient de la région de Tamza présente

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

un IC_{50} un peu plus élevé (18.4 $\mu\text{g/ml}$) qui signifie qu'il faut une concentration plus importante pour avoir un effet équivalent au RT.

A partir de ces résultats on peut conclure que même quantitativement le RT est plus riche en antioxydants actifs mais le RO possède une activité plus puissante notamment à des concentrations plus faibles ce qui a été observée dans la figure 10.

Les résultats sont illustrés par le secteur suivant :

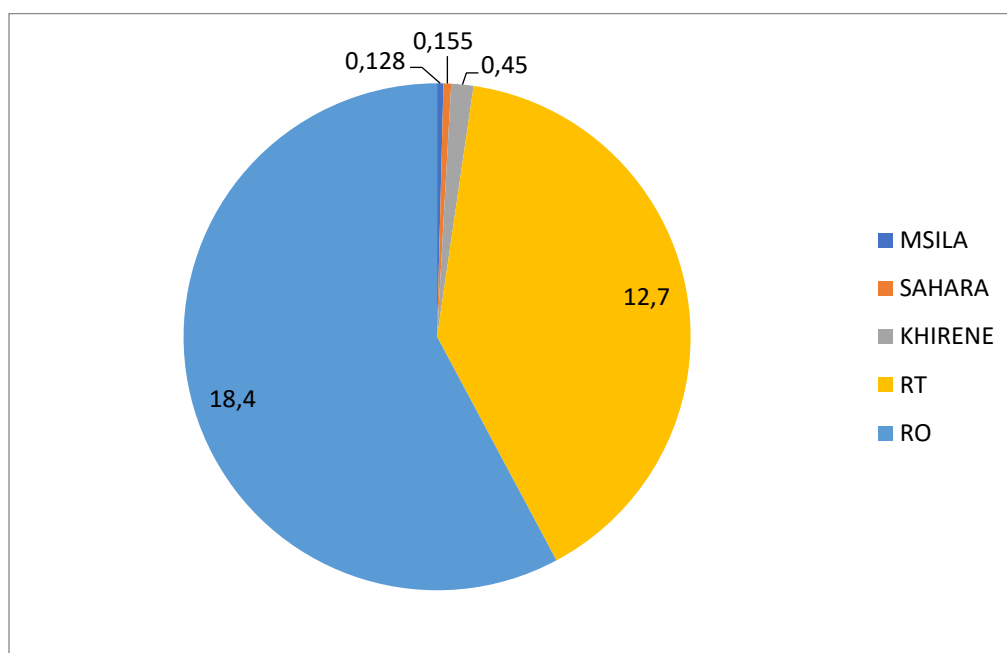


Figure 11 : Diagramme illustrant les valeurs de CI_{50} des différentes régions.

Les résultats de la CI_{50} indiquent que l'extrait de romarin récolté dans la région de Msila présente l'activité anti oxydante la plus élevée avec une valeur très faible de 0.128 $\mu\text{g/ml}$ suivi par l'extrait du Grand Sahara avec une valeur entre 0.093 et 0.155 $\mu\text{g/ml}$ (Bencheick *et al.*, 2024), et l'extrait de la région de Khirene par une CI_{50} de 0.45 $\mu\text{g/ml}$ (Mamen *et al.*, 2024). Tandis que les extraits analysés dans notre étude présentent des valeurs de CI_{50} nettement plus élevées traduisant une activité anti oxydante relativement faible. Cette différence notable peut être attribuer à plusieurs facteurs comme la composition phytochimique, les conditions climatiques et la nature du sol, la période de récolte ou encore la méthode d'extraction (Bekhechi *et al.*, 2024 ; Karouche *et al.*, 2021).

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

II.2. Evaluation de l'activité antiinflammatoire

La méthode utilisée repose sur l'inhibition de la dénaturation thermique de l'albumine sérique bovine (BSA), plus l'extrait empêche cette dénaturation, plus son potentiel antiinflammatoire est considéré comme élevé.

Nos deux extraits montrent une activité anti inflammatoire importante, avec une différence légère, mais on remarque que le pourcentage d'inhibition (PI) de l'extrait RO est remarquablement proche de celui du diclofenac qui est utilisé comme référence, cela montre qu'il est un peu plus efficace que l'extrait RT dans cette activité antiinflammatoire.

La différence peut être liée à la présence de certains métabolites secondaires plus actifs donc en rapport avec la nature qualitative que contient l'extrait, même si le RT est un peu plus riche en polyphénols, RO peut contenir des molécules plus actives (**Borras-Linares *et al.*, 2014**). Le diagramme 20 représente la comparaison du pourcentage d'inhibition des deux extraits par rapport au Diclofénac, utilisé comme Standard.

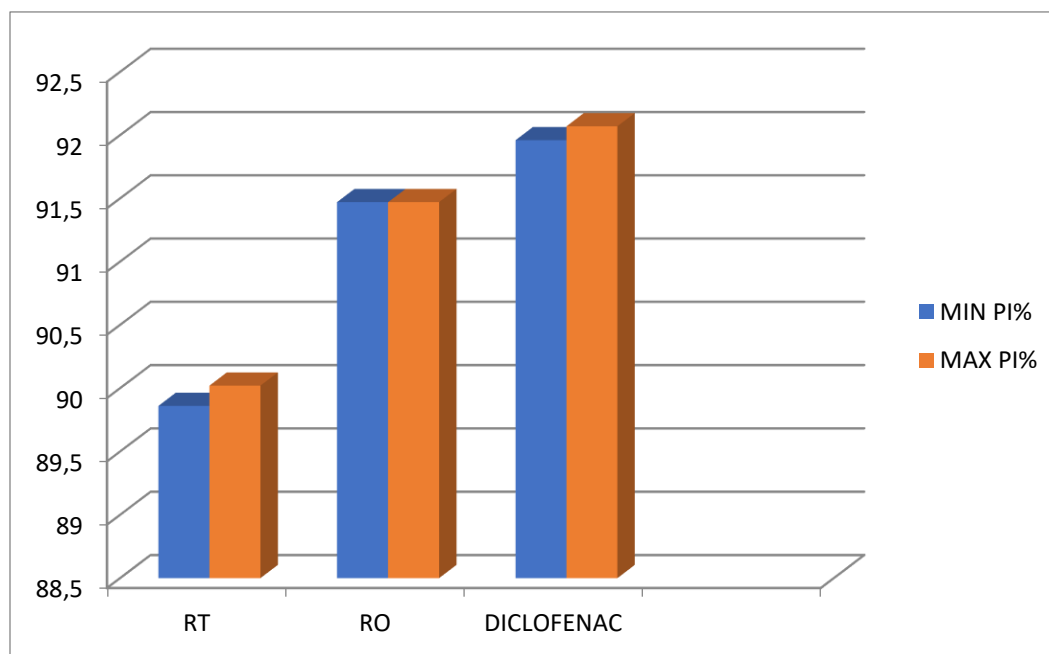


Figure 12 : Diagramme de pourcentage d'inhibition PI%.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Une étude menée par **Bekhechi *et al.* (2024)** a évalué *in vitro* le potentiel antiinflammatoire de quatre échantillons d'huile essentielle de feuilles de romarin provenant de régions de la grande Sahara (Bechar, Adrar, Naama), les quatre extraits riches en 1.8-cinéole et/ou camphre ont présenter une activité antiinflammatoire appréciée, avec de bons pourcentages d'inhibition compris entre 25 % et 96 %. Par ailleurs une autre étude réalisée par **Alabaoui *et al.* (2025)** a mis en évidence que le romarin est considéré comme une riche source de composés bioactifs à fort potentiel pharmacologique, Les résultats suggèrent que l'huile essentielle de romarin pourrait servir de base au développement de médicaments en raison de ces propriétés antioxydantes, antitumorales, antiinfectieuses et antiinflammatoires.

Ces études confirment que le romarin possède une activité antiinflammatoire notable ainsi il peut être considéré comme une plante médicinale prometteuse pour le développement scientifique.

Conclusion

Conclusion

Sacrée dès l'Antiquité pour ses vertus, l'utilisation du Romarin a perduré à travers les âges en tant que plante aromatique et médicinale. Il s'inscrit aujourd'hui comme alternative intéressante dans les problématiques environnementales dans les industries pharmaceutique, agroalimentaire, cosmétique, etc... Notre travail consiste à étudier l'influence du facteur région sur les paramètres physiologiques et biochimiques du romarin *Salvia rosmarinus*. Notre étude vise donc à réaliser une étude comparative entre deux extraits méthanoliques de la plante issue de deux régions différentes Ouldja et Tamza selon la composition chimique et les activités biologiques.

L'extrait méthanolique de la plante récoltée dans la région de Oualdja ayant un meilleur rendement (10%) par rapport à celui de la région Tamza(5%) ainsi que les tests phytochimiques ont montré la présence de flavonoïdes, de tanins, de quinones libres, de terpénoïdes et de composés réducteurs dans les deux extraits. Nos résultats ont également montré des résultats négatifs à la fois pour d'alcaloïdes, les stérols et les triterpènes, les de saponines, coumarines, et les anthraquinones.

Les examens quantitatifs des polyphénols totaux par la méthode de Folin-ciocalteau et des flavonoïdes par la méthode d' $AlCl_3$ ont révélé que les concentrations les plus élevées de polyphénols et de flavonoïdes ont été trouvées dans l'extrait RT (30.88 ± 1.29 , 35.74 ± 2.41 $\mu\text{g}/\text{mg}$ EAG) et dans l'extrait RO avec une valeur de (27.42 ± 1.40 , 30.22 ± 1.40 μg EQ/mg), respectivement.

Selon les résultats obtenus, nous pouvons dire : l'extrait méthanolique RO donne une bonne activité antioxydante ($IC_{50} = 12.7$ $\mu\text{g}/\text{ml}$) pour la capacité de piégeage de radicaux libres (DPPH) par rapport à l'extrait RT ($IC_{50} = 18.4$ $\mu\text{g}/\text{ml}$). Concernant l'activité antiinflammatoire, les deux extraits montrent une activité importante avec une différence légère, mais on remarque que le pourcentage d'inhibition (PI) de l'extrait RO (91.12 ± 0.35) est remarquablement proche de celui du diclofénac (91.96 ± 0.11) qui est utilisé comme référence.

Néanmoins, ce travail demeure à un stade préliminaire. Il serait nettement plus captivant d'étendre ce travail en mettant en œuvre différentes techniques chromatographiques, telles que la chromatographie liquide à haute performance (HPLC), la chromatographie en phase gazeuse (CPG), et en employant des méthodes spectrales pour déterminer la structure des métabolites à l'origine de ces activités biologiques.

Conclusion

L'ensemble de ces résultats obtenus *in vitro* ne constitue qu'une première étape dans la recherche de substances d'origine naturelle biologiquement active, une étude *in vivo* est souhaitable, pour obtenir une vue plus approfondie sur les activités biologiques des extraits de cette plante.

Références

Bibliographie

Références Bibliographie

A

- Adouane, S. (2016).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. [Thèse de Doctorat] : Sciences biologiques: Université Mohamed Khider - Biskra.
- Ahmed, W. (2023).** Morphological Anatomical and Chemical Studies of *Salvia Rosmarinus* Spenn. Growing in Al-Marj (Lybia). Al-Mukhtar Journal of Sciences 38(1).
- Alabaoui, K. A., Ibrahim, M. A., Mohamed, A. F., Tarad, A. K., Rawan, M. A., Abdualziz, M. A. (2025).** In vitro and in silico pharmacological effects of *Rosmarinus officinalis* leaf methanolic extracts and essential oils. PubMed Disclaimer, 15(1), 10699.
- Andrade, J. M., Célia, F., Catarina, G., Diogo, L., Catarina, P. R., Patricia, R. (2017).** *Rosmarinus officinalis* L.: An update review of its phytochemistry and biological activity. Future Science OA, 4.
- Andrade, M., Faustino, C., Garcia, C., Ladeiras, D., Reis, C. P., & Rijo, P. (2018).** *Rosmarinus officinalis* L.: An updated review of its phytochemistry and biological activity. National Center for Biotechnology Information (NCBI).
- Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., & Supuran, C. T. (2021).** Natural products in drug discovery: advances and opportunities. Nature Reviews Drug Discovery, 20(3), 200–216.
- Aziz, E., Batool, R., Akhtar, W., Shahzad, T., Malik, A., Shah, M. A., ... & Thiruvengadam, M. (2022).** Rosemary species: A review of phytochemicals, bioactivities and industrial applications. South African Journal of Botany, 151, 3–18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254629922000157>

B

- Baghloul, F. (2018).** Bio-décontamination en agro-alimentaire par des molécules bio-actives naturelles d'une plante médicinale : *Rosmarinus officinalis*. [Thèse de Doctorat] : Sciences alimentaires : Université Annaba, p. 7.
- Barut, M., Tansi, S., Asiye, S. C., Karaman, S. (2022).** Variation in essential oil content and chemical composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) at various growth stages in the Mediterranean Region. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 10(10), 1862–1870.
- Basappa Maheswarappa, N., Subbaiah, V., Muthupalani, M., Yamagani, P. K., Mohan, K., Keshapaga, U. R., ... & Kalappurakkal, R. C. (2014).** Antioxidant activity of carnosic

acid and rosmarinic acid in raw and cooked ground chicken patties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(2), 273-279.

Basavegowda, N., & Baek, K. H. (2022). Combination strategies of different antimicrobials: an efficient and alternative tool for pathogen inactivation. *Biomedicines*, 10(9), 2219.

Bekhechi, A., Malti, C. W., Babali, B., Bouafia, M., Benckechi, C., Casanova, J., Paoli, M., Felix, T. (2024). Chemical variability and anti-inflammatory activity of n L. leaf essential oil from Algerian Sahara. *Chemistry & Biodiversity*, 21(4), e202302077.

Benariba, N., Djaziri, R., Bellakhdar, W., Belkacem, N., Marcel, M. K., Willy, J. M., Sener, A., Cheriti, A. (2013). Phytochemical screening and free radical scavenging activity of *Citrulluscolocynthis* seeds extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(1), 35–40.

Bencheick, D., laichi, K., Herizi, C., Mebarka, A. A., Khennouf, S., Dahamna, S. (2024). Antioxidant activity of *Rosmarinus officinalis* extract. *Bioterna Journal*, 9(1).

Benhouhou, S., & Vela, E. (2017). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 330(8), 589–605.

Borras-Linares, I., Stojanovic, Z., Quirantes-Piné, R., Svarc-Gajic, J., Fernandez-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2014). *Rosmarinus officinalis* leaves as a natural source of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(11), 20585–20606.

Boumadjen, R., & Kimouche, S. (2018). Étude phytochimique et évaluation de l'activitéantioxydante de *Rosmarinusofficinalis*. [Mémoire de Master] : Biologie : Université Frères Mentouri Constantine 1.

Boumghar, Y., Boumghar, H., Benomari, F. Z., Sarazin, M., Chaib, D., André, P., Djabou, N. (2023). Chemical variability and chemotype concept of essential oils from Algerian wild plants. *Molecules*, 28(11), 4439.

Boutabia, L., Telailia, S., Bouguetof, I., Guenadil, F., & Chefrou, A. (2016). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinusofficinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Khenchela-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85, 174–189.

Boutoumou, B., & Ziat, S. (2020). Étude phytochimique et évaluation in vitro de quelques activités biologiques d'une plante médicinale algérienne : *Laurusnobilis* L. [Mémoire de Master] : Biochimie appliquée : Université des Frères Mentouri Constantine 1, p. 102.

Bouzabata, A., Djaziri, R., & Lahfa, F. (2020). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in northeastern Algeria. *Journal of Herbal Medicine*, 21, 100341.

Bruneton, J. (2016). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (5^e éd.). Tec & Doc Lavoisier. ISBN : 978-2743013804.

C

Chaachouay, N., Douira, A., Hassikou, R., Brhadda, N., Dahmani, J., Belahbib, N., ... & Zidane, L. (2020). Étude floristique et ethnomédicinale des plantes aromatiques et médicinales dans le Rif (Nord du Maroc). [Thèse de Doctorat] : Département de Biologie : Université Ibn Tofail - Kénitra.

D

Da Silva, G. B., Yamauchi, M. A., Zanini, D., & Bagatini, M. D. (2021). Novel possibility for cutaneous melanoma treatment by means of rosmarinic acid action on purinergic signaling. *Purinergic Signalling*, 18, 61–81.

Drew, B. T., Gonzalez-Gallegos, J. G., Xiang, C. L., Kriebel, R., Drummond, C. P., Walker, J. B., & Sytsma, K. J. (2017). *Salvia* united: The greatest good for the greatest number. *Taxon*, 66(1), 133–145.

Dubale, S., Kebebe, D., Zeynudin, A., Abdissa, N., & Suleman, S. (2023). Phytochemical screening and antimicrobial activity evaluation of selected medicinal plants in Ethiopia. *Journal of Experimental Pharmacology*, 51–62.

F

Fais, A., & Era, B. (2024). Phytochemical composition and biological activity. *Plants*, 13(3), 331. <https://doi.org/10.3390/plants13030331>

Farhat, A., Benmoussa, H., Bachoual, R., Nasfi, Z., Elfalleh, W., Romdhane, M., & Bouajila, J. (2017). Efficiency of the optimized microwave assisted extractions on the yield, chemical composition and biological activities of Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. essential oil. *Food and Bioproducts Processing*, 105, 224-233.

Fatemeh, H. M. (2021). Topical issues of the history of distillates and medicinal plants and their properties. *История: факты и символы*, (3 (28)), 168-172.

Francolino, R., Martino, M., Caputo, L., Amato, G., Chianese, G., Gargiulo, E., ... & Feo, V. D. (2023). Phytochemical constituents and biological activity of wild and cultivated *Rosmarinus officinalis* hydroalcoholic extracts. *Antioxidants*, 12(8), 1633.

G

- GhasemzadehRahbardar, M., & Hosseinzadeh, H. (2020).** Therapeutic effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its active constituents on nervous system disorders. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 23(9), 1100–1112. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.45269.10541>
- Gonçalves, C., Fernandes, D., Silva, I., & Mateus, V. (2022).** Potential anti-inflammatory effect of *Rosmarinus officinalis* in preclinical in vivo models of inflammation. *Molecules*, 27.

H

- Harrar, A., & Belhattab, R. (2011).** Antioxidant and antimicrobial activities of *Rhamnus alaternus* L. extracts. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29854.33606>
- Hendel, N., Napoli, E., Sarri, M., Saija, A., Cristani, M., Nostro, A., Ginestra, G., Ruberto, G. (2019).** Essential oil from aerial parts of wild Algerian rosemary: Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(1), 1–17. <https://doi.org/10.4155/fsoa-2017-0124>
- Huang, Y., Xu, L., He, H., Peng, L., Liao, Q., Wan, K., Qin, S., Cao, L., & Zhang, J. (2025).** Effects of rosemary extract and its residue on production, immune performance, and gut microbiota in geese. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1483626. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1483626>
- Hussain, A., Bourguet-Kondracki, M. L., Hussain, F., Rauf, A., Ibrahim, M., Khalid, M., ... & Rengasamy, K. R. (2022).** The potential role of dietary plant ingredients against mammary cancer: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(10), 2580–2605.

J

- Jadida, E. (2019).** Caractérisation des huiles essentielles de deux plantes médicinales et aromatiques du Maroc (*Laurusnobilis* et *Thymus satureioides*) : Essai de valorisation dans la conservation antimicrobienne d'une préparation pharmaceutique. [Thèse de Doctorat] : Université Chouaib Doukkali.
- Jeevalatha, R., Kalaimathi, R. V., Alfroze, N. B., Kandeepan, C., Ramya, S., Loganathan, T., Jayakumarraj, R. (2022).** Profile of bioactive compounds in *Rosmarinus officinalis*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 12(1), 114–122.

Jomova, K., Alomar, S. Y., Valko, R., Liska, J., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2025). Flavonoids and their role in oxidative stress, inflammation, and human diseases. *Chemico-Biological Interactions*, 388, 111489.

Jordan, M. J., Aouisset, M., Lax, V., Conesa, C. M., Ghali, M., Fares, S., Jose., A. S. (2011). Chemical variability of wild *Rosmarinus officinalis* L. from Algeria. *Acta Horticulturae*, 925, 13.

K

Kalinda, R. S., & Boke, R. N. (2020). Phytochemical analysis and efficacy of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and mint (*Mentha spicata*) extracts against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on baby corn (*Zea mays*).

Kandikattu, K., Bharath Raathna Kumar, P., Venu Priya, R., Sunil Kumar, K., & Ranjith Singh, B. R. (2013). Evaluation of anti-inflammatory activity of *Canthium parviflorum* by in-vitro method. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, 5, 729–730.

Karouche, S. (2021). Contribution à l'étude des substances bioactives et des activités biologiques de l'espèce *Rosmarinus officinalis* L.* *International Journal of Resources and Environment*, 3(1), 53–60.

Kouider, H., Mohammed, B., Mohammed, M., Abdelkader, O., & Abdelkarim, R. (2019). Importance des plantes médicinales pour la population rurale du parc national de Djebel Aïssa (Sud-Ouest algérien). *Lejeunia, Revue de Botanique*.

L

Lešnik, S., Furlan, V., & Bren, U. (2021). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): Extraction techniques, analytical methods and health-promoting biological effects. *Phytochemistry Reviews*.

Lopez-Jiménez, A., Cilla, A., & Barbera, R. (2021). Digestion and colonic fermentation of rosemary polyphenols. *Journal of Functional Foods*, 83, 104544. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104544>

M

Maheshwaran, R., & Nadarajah, K. (2023). Phytochemical testing methodologies and principles for preliminary screening / qualitative testing. *Asian Plant Research Journal*, 12(5), 11–38. <https://doi.org/10.9734/aprj/2023/v12i5275>

- Makhloufi, A. (2012).** Étude de l'activité biologique de deux plantes médicinales de la région de Béchar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. [Thèse de Doctorat] : Science en Biologie Biologie et Aboubaker Belkaïd – Tlemcen, p. 13.
- Mamen, N., Mayouf, R., Saidi, M., Benabdallah, M., Bensizrara, D. (2024).** Phytochemical, antibacterial and antioxidant study of *Rosmarinus officinalis* from the region of Khenchela, Algeria. African Journal of Biological Sciences, 6(15), 13898–13917.
- Mena, P., et al. (2016).** Phytochemical profiling of flavonoids, phenolic acids, terpenoids, and volatile fraction of a rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. Molecules (Basel, Switzerland), 21(11), 1576. <https://doi.org/10.3390/molecules21111576>
- Meziane, H., et al. (2024).** *Rosmarinus officinalis* Linn: Unveiling its multifaceted nature in nutrition, diverse applications, and advanced extraction methods. Discover Food, 4(1), 1–20.
- Moss, M., Cook, J., Wesnes, K., & Duckett, P. (2012).** Aromas of rosemary and lavender essential oils differentially affect cognition and mood in healthy adults. Therapeutic Advances in Psychopharmacology, 2(3), 103–113. <http://doi.org/10.201177/2045125312436573>
- Mouissi, S., Bouchelaghem, S., & Djabali, N. (2022).** Phytochemical study of two medicinal plants (*Rosmarinus officinalis* and *Anthémis nobili*) from the Haddada region (El Tarf, Algeria). Ukrainian Journal of Ecology, 12(7), 7–14. https://doi.org/10.15421/2022_38
- Muhakr, M., Ahmed, I. M., El Hassan, G. O. M., & Yagi, S. (2024).** Ethnobotanical study on medicinal plants in Melit area (North Darfur), Western Sudan. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 20(1), 3.

N

- Ncube, B., & Van Staden, J. (2015).** Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit.
- Neffati, M., & Sghaier, M. (2014).** Développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones désertiques de la région MENA (Algérie, Égypte, Jordanie, Maroc et Tunisie). Observatoire du Sahara et du Sahel, Tunis, Tunisie.
- Nieto, G., Ros, G., Castillo, J. (2018).** Essential oils: Volatile compounds, biological properties and mixtures effectiveness. Molecules, 23(2), 378.
- Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018).** Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): A review. Medicines, 5(3), 98.

O

Olah, N.-K., Benedec, D., Socaci, S., Claudia, C. T., Filip, L., Claudiu, M., Hangan. (2017). Terpenic profile of different *Rosmarinus officinalis* extracts. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(4), 1439–1443.

P

Peng, Y., Yuan, J., Liu, F., Ye, J., & Zhao, C. (2021). Neuroprotective effects of *Rosmarinus officinalis* L. on memory impairment: A review of current evidence. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 642234.

Pérez, M., Dominguez-Lopez, I., & Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The chemistry behind the Folin–Ciocalteu method for the estimation of polyphenol content in food: Total phenolic intake in a Mediterranean dietary pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(1), 10–25.

Pérez-Sánchez, A., Barrajon-Catalán, E., Ruiz-Torres, V., Agulló-Chazarra, L., Herranz-López, M., Valdés, A., Cifuentes, A., & Micol, V. (2019). Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract causes ROS-induced necrotic cell death and inhibits tumor growth in vivo.

Pizani, R. S., Vigano, J., de Souza Mesquita, L. M., Contieri, L. S., Sanches, V. L., Chaves, J. O., ... & Rostagno, M. A. (2022). Beyond aroma: A review on advanced extraction processes from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and sage (*Salvia officinalis*) to produce phenolic acids and diterpenes. *Trends in Food Science & Technology*, 127, 245–262.

Powder-George, Y. L., Ludwiczuk, A., Skalicka-Woźniak, K., & Georgiev, M. I. (2024). Chapter 10 – Terpenoids. In S. B. McCreath & Y. N. Clement (Eds.), *Pharmacognosy* (2nd ed., pp. 253–294).

Q

Quézel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris (France), pp. 34, 132.

R

Rejab, I. (2007). Étude de l'effet de l'irradiation sur les polyphénols du curcumin. [Diplôme National d'Ingénieur] : Biologie industrielle : Université du 7 novembre à Carthage, 54 p.

S

Saleh, A., Al Kamaly, O., Alanazi, A. S., & Noman, O. (2022). Phytochemical analysis and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. growing in Saudi Arabia: experimental and computational approaches. *Processes*, 10(11), 2422.

Saouli, S., & Abdennebi, B. (2019). Étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante de *Rosmarinus officinalis*. [Mémoire de Master] : Université Mohamed Khider – Biskra.

Shubayr, N. (2023). Phytochemicals properties of herbal extracts for ultraviolet protection and skin health: A narrative review. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 16(4), 100729.

T

Tuttolomondo, T., La Bella, S., Leto, C., Gennaro, M. C., Calvo, R., & D'Asaro, F. (2017). Biotechnical characteristics of root systems in erect and prostrate habit *Rosmarinus officinalis* L. accessions grown in a Mediterranean climate.

V

Vagida, M., & Nargiz, M. (2022). The Morphology Study of *Rosmarinus* L. Seedlings. *Бюллетень науки и практики*, 8(9), 49-56.

W

Wang, X., Qi, Y., & Zheng, H. (2022). Dietary polyphenol, gut microbiota, and health benefits. *Antioxidants*, 11(6), 1212. <https://doi.org/10.3390/antiox11061212>

Y

Yang, S. Y., Hong, C. O., Lee, G. P., Kim, C. T., & Lee, W. W. (2013). The hepatoprotection of caffeic acid and rosmarinic acid, major compounds of *Perilla frutescens*, against t-BHP-induced oxidative liver damage. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 92–99.

Z

Zirare, N. (2014). Contribution à l'étude de l'activité antioxydante de quelques plantes médicinales antidiabétiques. [Mémoire de Master] : Biochimie appliquée : Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.

Sites web

Références Bibliographie

- Site web 1 : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-romarin-7692/> consulté le 12 février 2025
- Site web 2 : -Royal Botanic Gardens, Kew.(2025). *Salvia rosmarinus*Spenn. In Plants of the World Online. Disponible sur le site :<https://powo.science.Kew.org/taxon/urn:Isid:ipini.org:names:4587722-1>
- Site web 3 : -Global Biodiversity Information Facility—GBIF (2020).Disponible sur le site :<https://www.gbif.org/>. Consulte le 18.04.2025
- Site web 4 : The Flavonoid Baicalein Inhibits Fibrillation of -Synuclein and Disaggregates Existing Fibrils - Scientific Figure on ResearchGate. Disponible sur le site : https://www.researchgate.net/figure/SCHEME-1-Quinone-structure_fig12_8606853
- Site web 5 : L'indazole et ses derives : synthèses, reactivités et propriétés biologiques Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Structures-des-alcaloides-naturels-contenant-le-motif-indazole_fig1_324007682.
- Site web 6: Effect of several saponin containing plant extracts on rumen fermentation in vitro, Tetrahymena pyriformis and sheep erythrocytes - Scientific Figure on ResearchGate. Disponible sur le site: https://www.researchgate.net/figure/Generic-structures-of-saponins-R-sugar-moiety_fig1_236970430
- Site web 7: World Health Organization. (2013). WHO Traditional Medicine Strategy 2014–2023. Geneva: World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/92455>-site web 8 : figure N° disponible sur : <https://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/antioxydant-dpph/princip>