



الجمهورية الديمقراطية الشعبية الجزائرية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية العلوم الطبيعية والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département de BIOLOGIE

Laboratoire antibiotiques antifongiques : Physico-chimique, synthèse et Activité biologique

## MÉMOIRE

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> ZELLIT Ikram Nafissa**

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Sciences biologiques

Option :

**Biochimie**

Thème :

**Étude du pouvoir antioxydant de quelques extraits de  
*Rosmarinus officinalis L***

Devant le jury composé de :

Président :	Mr AZZI Rachid	Pr	Université de Tlemcen
Examinatrice :	Mme HASSAINE-LAHFA Imane	MCB	Université de Tlemcen
Encadrant :	M <sup>elle</sup> MEZOUAR Dounia	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2024-2025

# *Remerciements*

Je remercie avant tout **Allah**, Tout-Puissant, de m'avoir guidé tout au long de ces années d'étude, et de m'avoir accordé la volonté, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.

J'exprime également ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice, **Dr MEZOUAR Dounia**, Maître de conférences classe A, au département de biologie à l'Université Abou Bekr Belkaïd -Tlemcen, pour avoir proposé et dirigé ce travail. Je lui suis infiniment reconnaissante pour ses remarques précieuses, ses orientations pertinentes, ses conseils avisés, ainsi que pour sa patience, sa confiance et son accompagnement tout au long de cette recherche.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres **du jury, Professeur AZZI Rachid et Dr HASSAINE-LAHFA Imane**, pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.

Un remerciement tout particulier à Dr **Mimoun Amira**, pour son aide précieuse et son soutien constant. Elle a su répondre à mes questions, m'orienter avec générosité, et m'encourager durant les moments difficiles.

Je remercie profondément **ma famille**, pour son amour inconditionnel, sa patience et son soutien sans faille, leur confiance en moi et leurs prières m'ont accompagné tout au long de cette aventure.

Je n'oublie pas mes amis et collègues, avec qui j'ai partagé des moments de travail, de réflexion, de doute parfois, leur présence m'a été d'un grand réconfort.

A toutes et à tous, je dis du fond du cœur : **Merci**.

# *Dédicace*

À ceux qui ont été les gardiens de mon cœur, je dédie humblement ce travail :

À madame **MEZOUAR Dounia** qui m'a beaucoup aidée.

À mes chers parents : **Maman** et **papa**, qui ont toujours été mon refuge et ma force dont l'amour inconditionnel a illuminé mes jours les plus sombres et porté mes rêves les plus fous.

À ma **grand-mère** et mon **grand-père**, sources d'une sagesse profonde et d'un amour éternel.

À mon **frère Mohammed**, confident et complice, dont la présence fidèle a été un soutien sans faille dans chaque pas de ce long chemin.

À ma **tante Fatima**, douce étoile bienveillante, dont la tendresse et la générosité ont caressé mon cœur dans les moments de doute et de fatigue.

À ma **sœur Samar**, dont le soutien, la présence chaleureuse et les mots réconfortants m'ont apporté un grand réconfort.

Et à mes amis, compagnons de route, qui ont su apporter des moments de bonheur.

À vous tous, je dédie ce travail avec tout mon amour, car sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible.

## المخلص

خُصِّصَ هذا العمل البحثي لدراسة نبات اكليل الجبل وهو نوع يُستخدم على نطاق واسع في العلاج بالنباتات لما يتمتع به من فضائل عديدة، وخاصة خصائصه المضادة للأكسدة.

يهدف هذا البحث إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة لأوراق نبات اكليل الجبل ، بالإضافة إلى إجراء تحليل نوعي وكمي لبعض المركبات النشطة بيولوجيًا في جزء أسيتات الإيثيل والمستخلص الهيدروإيثانولي الخام المنقوع بنسبة (70/30) (v/v) لمدة 48 ساعة.

كشفت تحاليل المحتوى الكلي للبوليفينولات والفلافونويدات أن المستخلص الهيدروإيثانولي وجزء أسيتات الإيثيل حيث بلغت على التوالي (229.7 ± 0.069 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ مغ مستخلص) و (236.169 ± 0.06 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ مغ مستخلص) للبوليفينولات، و (297,2 ± 0.039 ميكروغرام مكافئ كاتيشين /مغ مستخلص و(0.076 ± 317,2 ميكروغرام مكافئ كاتيشين/ مغ مستخلص) للفلافونويدات.

أما من حيث النشاط المضاد للأكسدة، فقد أظهر مستخلص أسيتات الإيثيل فعالية أكبر بتركيز  $IC_{50}$  بلغ (0.04 ± 1.06 ميكروغرام/مل)، يليه المستخلص الهيدروإيثانولي بتركيز  $IC_{50}$  بلغ (0.1 ± 2.53 ميكروغرام/مل).  
يمكننا أن نستنتج أن أوراق نبات اكليل الجبل تُظهر إمكانيات واعدة كمضاد للأكسدة، لا سيما جزء أسيتات الإيثيل، الذي يُعد مصدرًا واعدًا للجزيئات النشطة بيولوجيًا.

**الكلمات المفتاحية:** *Rosmarinus officinalis* L ، جزء أسيتات الإيثيل، المستخلص الخام المائي، مضادات الأكسدة.

## Résumé

Ce travail de recherche est consacré à l'étude de la plante *Rosmarinus officinalis* L, une espèce largement utilisée en phytothérapie pour ses nombreuses vertus, notamment ses propriétés antioxydantes.

Cette étude a pour l'objectif l'évaluation de l'activité antioxydante des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, ainsi qu'à réaliser une analyse qualitative et quantitative de certains composés bioactifs de la fraction d'acétate d'éthyle et l'extrait brut hydro-éthanolique macéré (30/70) (v/v) pendant 48 heures.

Les analyses du contenu en polyphénol et flavonoïdes totaux ont révélé que l'extrait hydro-éthanolique ainsi que la fraction d'acétate d'éthyle présentaient, avec respectivement ( $229,7 \pm 0,069 \mu\text{g Eq AG/mg d'extrait}$ ) et ( $236,169 \pm 0,06 \mu\text{g Eq AG/mg d'extrait}$ ), pour polyphénols, et ( $297,2 \pm 0,039 \mu\text{g Eq C/mg d'extrait}$ ) et ( $317,2 \pm 0,076 \mu\text{g Eq C/mg d'extrait}$ ), pour les flavonoïdes. En ce qui concerne l'activité antioxydante, la fraction d'acétate d'éthyle a une  $CI_{50}$  de  $1,06 \pm 0,04 \mu\text{g/ml}$ , suivi par l'extrait hydro-éthanolique avec une  $CI_{50}$  de  $2,53 \pm 0,1 \mu\text{g/ml}$ .

Nous pouvons conclure que les feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, ont un potentiel antioxydant intéressant, et plus spécifiquement, la fraction d'acétate d'éthyle, qui constitue une source prometteuse de molécules bioactives.

**Mots clés :** *Rosmarinus officinalis* L, fraction d'acétate d'éthyle, extrait brut hydro-éthanolique, antioxydant.

## Abstract

This research study focuses on the plant *Rosmarinus officinalis* L, a species widely used in herbal medicine for its many virtues, particularly its antioxidant properties.

The aim of this study is to evaluate the antioxidant activity of *Rosmarinus officinalis* L leaves and to perform a qualitative and quantitative analysis of certain bioactive compounds in the ethyl acetate fraction and the macerated crude hydroethanolic extract (30/70) (v/v) for 48 hours.

Analyses of the total polyphenol and flavonoid content revealed that the hydroethanolic extract and the ethyl acetate fraction had the highest contents, with ( $229,7 \pm 0,069 \mu\text{g Eq AG/mg}$  of extract) and ( $236.169 \pm 0,06 \mu\text{g Eq AG/mg}$  of extract), respectively, for polyphenols, and ( $297,2 \pm 0,039 \mu\text{g Eq C/mg}$  of extract) and ( $317,2 \pm 0,076 \mu\text{g EqC/mg}$  of extract) for flavonoids. For the antioxidant activity, the ethyl acetate fraction has an  $\text{IC}_{50}$  of  $1.06 \pm 0,04 \mu\text{g/ml}$ , followed by the hydroethanolic extract with an  $\text{IC}_{50}$  of  $2.53 \pm 0,1 \mu\text{g/ml}$ .

We can conclude that *Rosmarinus officinalis* L leaves have interesting antioxidant potential, and more specifically, the ethyl acetate fraction, which is a promising source of bioactive molecules.

**Key words** : *Rosmarinus officinalis* L, ethyl acetate fraction, crude hydroethanolic extract, antioxidant

## Liste des abréviations :

AC : Absorbance du contrôle négatif.

AE : Absorbance de l'extrait ou de la fraction testé.

CAT : la capacité antioxydante totale.

DMSO : Diméthylsulfoxyde.

DPPH : 2-2-diphényl-1-picrylhydrazyle.

EHE: Phase aqueuse résiduelle.

ERN : Espèces réactives de l'oxygène.

ERO : Espèces réactives de l'oxygène.

FAE : Fraction d'acétate d'éthyle.

GP<sub>x</sub> : Glutathion peroxydase.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : Peroxyde d'hydrogène.

NO<sup>•</sup> : Ion nitrosyle.

NO<sup>•</sup> : Oxyde nitrique.

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> : Ion nitrite.

O<sub>2</sub><sup>-</sup> : Ion superoxyde.

OH<sup>-</sup> : Hydroxyde.

ONOO<sup>-</sup> : Ion peroxyde nitrite.

RL : Radicaux libres.

SOD : Superoxyde dismutase.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Classification de l'espèce <i>Rosmarinus Officinalis</i> L. ....	6
<b>Tableau 2</b> : Quelques composés chimique de <i>Rosmarinus Officinalis</i> L avec leurs structures. 8	8
<b>Tableau 3</b> : Principales espèces réactives rencontrées en biologie (Hamma et al., 2015). ....	14
<b>Tableau 4</b> : Rendements des extraits. ....	33
<b>Tableau 5</b> : Résultats des tests phytochimiques réalisées sur les extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i> L. ....	34
<b>Tableau 6</b> : Résultats des paramètres organoleptiques de la pommade.....	42

## Liste des figures :

<b>Figure 1</b> : Rosmarinus Officinalis L (photo personnelle).....	6
<b>Figure 2</b> : Rameau, fleurs, et feuilles du romarin (khorsi, 2013) .....	7
<b>Figure 3</b> : Augmentation de la production des ROS et/ou la réduction des défenses antioxydantes entraînant un stress Oxydatif (Hamma, 2019) .....	12
<b>Figure 4</b> : Origine du stress oxydatif (Hamma, 2019).....	13
<b>Figure 5</b> : Formation des radicaux libres (ghouti,2019).....	14
<b>Figure 6</b> : Formation en cascade des différentes espèces oxygénées réactives à partir du radical superoxyde (Hamma et al., 2015) .....	15
<b>Figure 7</b> : conséquences de stress oxydatif (Miguel Santibáñez et al., 2023).....	16
<b>Figure 8</b> : mécanismes cellulaires induits par le stress oxydatif (Miguel Santibáñez et al., 2023).....	16
<b>Figure 9</b> : Classification des antioxydants (Flieger et al, 2021).....	18
<b>Figure 10</b> : Feuilles Séchées de Rosmarinus Officinalis L (photo personnelle).....	21
<b>Figure 11</b> : Filtration de l'extrait brut (photo personnelle).....	22
<b>Figure 12</b> : Rotavapeur (photo personnelle).....	22
<b>Figure 13</b> : Extraction liquide / liquide (photo personnelle).....	23
<b>Figure 14</b> : Schéma récapitulatif du protocole expérimental de la partie phytochimique.....	28
<b>Figure 15</b> : : Schéma récapitulatif de la partie des tests biologiques. ....	30
<b>Figure 16</b> : Préparation d'une pommade (photo personnelle).....	31
<b>Figure 17</b> : Pommade préparée (photo personnelle) .....	31
<b>Figure 18</b> : Courbe d'étalonnage d'acide gallique. ....	36
<b>Figure 19</b> : Courbe d'étalonnage de la catéchine. ....	37
<b>Figure 20</b> : Piégeage du radical DPPH par l'acide ascorbique.....	38
<b>Figure 21</b> : Piégeage du radical DPPH par l'extrait hydro-éthanolique.....	39
<b>Figure 22</b> : : Piégeage du radical DPPH par la fraction d'acétate d'éthyle .....	40
<b>Figure 23</b> : Capacité antioxydante totale (CAT) des extraits de Rosmarinus officinalis L. ....	41

# Table des matières

## Introduction .

## Partie bibliographique .

### Chapitre I : *Rosmarinus officinalis* L.....

1.	Généralité sur les plantes médicinales :.....	5
2.	Plante étudiée : <i>Rosmarinus officinalis</i> L.....	5
2.1.	Historique : .....	5
2.2.	Classification botanique : .....	6
2.3.	Description botanique : .....	6
2.4.	Composition chimique : .....	7
3.	Utilisations du romarin : .....	10
3.1.	Utilisation en phytothérapie : .....	10
3.2.	Utilisation alimentaire : .....	10
3.3.	Utilisation en cosmétique : .....	10

### Chapitre II : stress oxydatif et le système antioxydant.....

1.	Stress oxydatif : .....	12
1.1.	Définition : .....	12
1.2.	Origines du stress oxydatif : .....	13
2.	Radicaux Libres : .....	13
2.1.	Définition : .....	13
2.2.	Espèces Réactives des radicaux libres : .....	14
2.2.1.	Les espèces réactives de l'oxygène : .....	14
2.2.2.	Les espèces réactives de l'azote : .....	15
2.3.	Les conséquences de stress oxydatif : .....	15
3.	Antioxydants : .....	16
3.1.	Classification des antioxydants : .....	17
3.1.1.	Enzymatique : .....	17
3.1.2.	Non enzymatique : .....	17

## Partie expérimentale : .....

### Matériel et méthodes : .....

1.	Matériel végétal : .....	21
2.	Préparation des extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i> L : .....	21
2.1.	Protocole de préparation des extraits bruts : .....	21
2.2.	Protocole de préparation des fractions de la plante : .....	22

2.3.	Détermination du rendement d'extraction : .....	24
3.	Tests phytochimiques : .....	24
3.1.	Les alcaloïdes : .....	24
3.2.	Les tanins : .....	24
3.3.	Les flavonoïdes : .....	25
3.4.	Les quinones libres : .....	25
3.5.	Anthraquinones : .....	25
3.6.	Les coumarines : Fluorescence UV : .....	25
3.7.	Les saponines : test de mousse : .....	25
3.8.	Les terpénoïdes : .....	25
3.8.1.	Test de Slakowski : .....	25
3.8.2.	Test de Librman-Burchard : .....	25
3.9.	Les composés réducteurs : .....	26
4.	Dosages Quantitatifs des composés phénoliques : .....	26
4.1.	Dosage des polyphénols totaux : .....	26
4.2.	Dosage des flavonoïdes totaux : .....	26
5.	Etude de l'activité antioxydante des extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i> L : .....	29
5.1.	Piégeage du radical libre DPPH : .....	29
5.2.	Capacité antioxydante totale (CAT) : .....	29
6.	Préparation d'une pommade anti-inflammatoire (anti-douleur) : .....	31
6.1.	Ingédients de la pommade : .....	31
6.2.	Méthode de préparation : .....	31
<b>Résultats et discussion : .....</b>		
1.	Etude phytochimique : .....	33
2.	Rendement des extractions : .....	33
Discussion : .....		33
3.	Tests phytochimiques : .....	34
Discussion : .....		35
4.	Dosages quantitatifs des composés phénoliques : .....	35
4.1.	Dosage des polyphénols totaux : .....	35
4.2.	Dosage des flavonoïdes : .....	37
5.	Etude de l'activité antioxydantes des extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i> L : .....	38
5.1.	Résultats du piégeage du radical libre DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) : .....	38

6.	Résultats de la Capacité antioxydante totale (CAT) : .....	41
7.	Evaluation de la pommade : .....	42

## **8. Conclusion**

# *Introduction*

## Introduction

---

Depuis des siècles, les plantes médicinales sont reconnues pour leurs bienfaits sur la santé humaine. Leur utilisation s'est largement étendue et elles sont exploitées dans de nombreux domaines, en particulier dans le secteur thérapeutique, où elles occupent une place, de plus en plus, importante dans les approches de soins naturels et complémentaires (**Lazli et al., 2019**).

C'est ainsi que, la médecine traditionnelle, fondée sur des connaissances transmises de génération en génération, s'appuie principalement sur les vertus des plantes médicinales, considérées comme une ressource essentielle pour des soins naturels. Depuis l'Antiquité, ces végétaux sont appréciés pour leurs effets bénéfiques dans la prise en charge et la prévention de divers troubles de santé (**Hannache et al., 2012**).

Parmi toutes ces plantes médicinales, *Rosmarinus officinalis* L, est l'une des plantes les plus utilisées en raison de ses effets bénéfiques.

En effet, *Rosmarinus officinalis* L., communément appelé romarin, est une plante de la famille des Lamiacées, originaire du bassin méditerranéen. Toutefois, elle est répandue dans de nombreuses régions du monde (**de Oliveira et al., 2019**). Elle possède, grâce à ces composés chimiques bioactifs, divers effets thérapeutiques dont les effets, hypoglycémiant, antiathérogène, antihypertenseur, hypocholestérolémiant, antioxydant, anti-inflammatoire, hépato-protecteur, antidépresseur, antiprolifératif et antibactérien (**Gonçalves et al., 2022**).

Par ailleurs, l'intérêt pour le romarin s'est accru en raison de son potentiel antioxydant, notamment face au stress oxydatif, un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les mécanismes antioxydants de défense de la cellule. Longtemps perçues comme de simples déchets toxiques issus du métabolisme normal de l'oxygène, les ERO sont reconnues pour leur rôle dans le développement de nombreuses pathologies (**Migdal et Serres, 2011**).

De plus, les antioxydants présents dans les plantes médicinales, comme les composés phénoliques, peuvent neutraliser les radicaux libres. Grâce à cette action, ces antioxydants naturels ont récemment attiré beaucoup d'attention (**Chroho et al., 2021**).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail de mémoire de fin d'étude est de :

Mettre en évidence et la détection des métabolites secondaires par réalisation des tests phytochimiques. Ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait hydro-éthanolique et la fraction d'acétate d'éthyle des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, en utilisant deux tests : le piégeage de radical libre DPPH (2,2diphényl-1-picryl-hydrazyl), et la capacité antioxydante totale (CAT).

## Introduction

---

---

Notre mémoire comporte trois parties principales, à savoir :

Dans la première partie, nous aborderons une partie bibliographique composée de deux chapitres.

Le premier, traite la plante *Rosmarinus officinalis* L (de sa classification, à ses activités biologiques). Ensuite, nous passerons au deuxième chapitre, qui concerne le stress oxydatif et l'activité antioxydante.

La deuxième partie, est la partie expérimentale qui inclut le matériel et les méthodes.

La troisième partie inclut les résultats obtenus et la discussion : les résultats des tests phytochimiques (qualitative), l'étude quantitative (dosages des polyphénols et des flavonoïdes), et les résultats de l'étude de l'activité antioxydante des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, par mesure du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH, et la capacité antioxydante totale (CAT).

En complément de ces analyses, nous avons procédé à la préparation d'une pommade à base des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, avec une méthode traditionnelle, formulée pour ses propriétés anti-inflammatoires et antidouleur (pour les douleurs musculaires ou rhumatismales, les varices, les jambes fatiguées), cette étape vise à valoriser l'usage thérapeutique de la plante sous forme topique.

*Partie bibliographique*



*Chapitre I : Rosmarinus  
officinalis L*

# **Chapitre I : *Rosmarinus officinalis* L**

---

Dans ce chapitre, nous allons étudier des notions générales sur les plantes médicinales. Après, nous allons présenter la plante de notre travail (*Rosmarinus Officinalis* L) : l'historique de la découverte de cette plante, classification et description botanique, ces composants chimiques, et nous allons finir par l'utilisation du romarin.

## **1. Généralité sur les plantes médicinales :**

Les plantes médicinales sont les plus utilisées pour leurs propriétés thérapeutiques, et représentent une source essentielle de médicaments en raison de la richesse de leur métabolisme secondaire. Elles ont été utilisées pour améliorer la santé humaine et pour traiter plusieurs maladies. En effet, les plantes sont capables de produire une grande variété de molécules organiques complexes, souvent dotées d'activités biologiques intéressantes (Addab et al., 2020).

Les plantes médicinales sont des plantes dont une ou plusieurs parties ont des effets bénéfiques sur la santé. Depuis très longtemps, elles ont été utilisées comme premiers remèdes par les humains et continuent encore à fournir de nouveaux traitements naturels (Ouldyrou et al., 2018).

Les parties utilisées soient entière ou une partie, comme : les racines, les feuilles, les fleurs, les tiges...etc. Elles sont utilisées par des méthodes comme : la macération (la plus simple), la décoction, l'infusion et d'autres préparations (Amroune, 2018).

Les plantes médicinales ont été au cœur de l'actualité, plus spécifiquement, celles qui contiennent des substances utiles pour la santé (Bentoura et al., 2021).

## **2. Plante étudiée : *Rosmarinus officinalis* L.**

### **2.1. Historique :**

Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) (**figure 1**) a été désigné comme herbe de l'année en 2001, par l'International Herb Association. Originaire de la région méditerranéenne, il a été introduit en Grande-Bretagne par les Romains. Il est encore largement utilisé dans la cuisine italienne et britannique. Dans l'Antiquité grecque et romaine, le romarin était associé à la mémoire et à la fidélité, ce qui lui a valu le surnom « herbe du souvenir ». Durant la Renaissance, il était fréquemment employé par les apothicaires (Begum et al., 2013).

Des médecins de renom comme Hippocrate, Galien et Dioscoride le prescrivaient pour soulager les troubles hépatiques. En Inde, le romarin demeure peu utilisé, mais il y a été introduit par les

## Chapitre I : *Rosmarinus officinalis* L

Européens comme plante ornementale, en raison du parfum agréable de ses feuilles (Begum et al., 2013).



*Figure 1 : Rosmarinus Officinalis L (photo personnelle)*

### 2.2. Classification botanique :

Le **tableau 1** ci-dessous, montre la classification botanique de l'espèce *Rosmarinus Officinalis* L (Tadesse et al., 2024).

*Tableau 1* : Classification de l'espèce *Rosmarinus Officinalis* L.

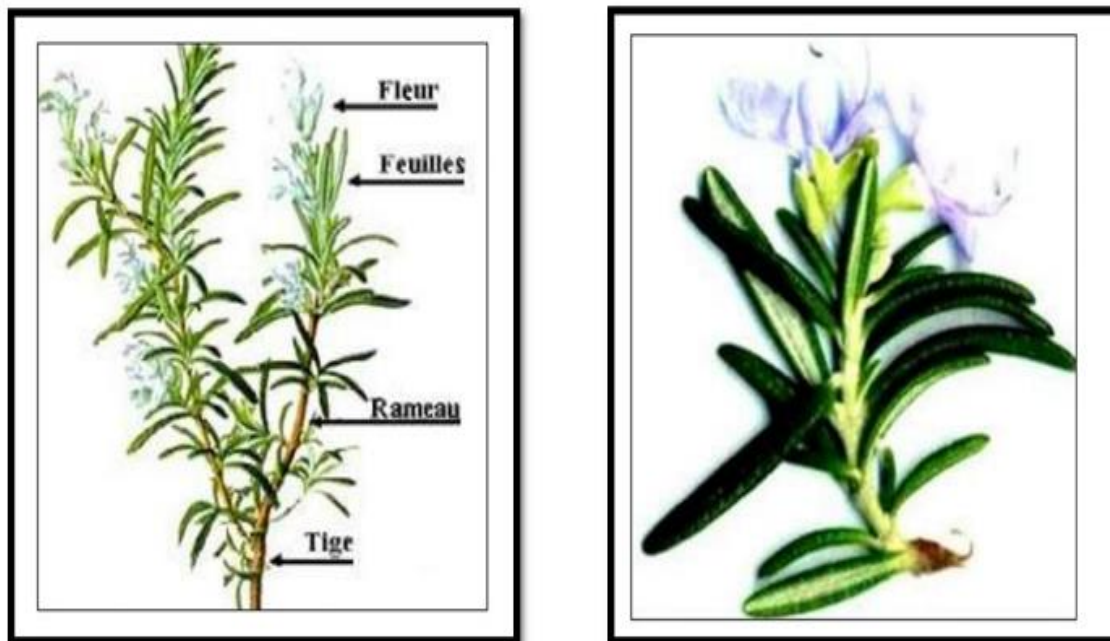
Règne	Plantes
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida (dicotylédones)
Sous-classe	Gamopétales
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i> L

### 2.3. Description botanique :

Le romarin (*Rosmarinus officinalis* L), est une plante aromatique et médicinale appartenant à la famille des Lamiacées. Il est cultivé pour ses feuilles, qu'elles soient fraîches ou séchées. Ses

## Chapitre I : *Rosmarinus officinalis* L

tiges ligneuses et ramifiées portent de petites fleurs bleu violacé, parfois roses ou blanches, regroupées en inflorescences à la base des feuilles supérieures (**Figure 2**) (Tadesse et al., 2024).



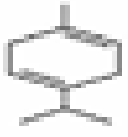
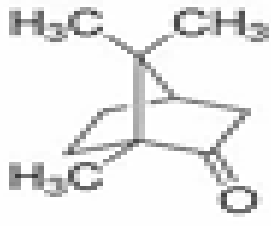

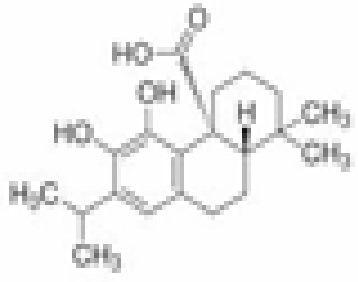
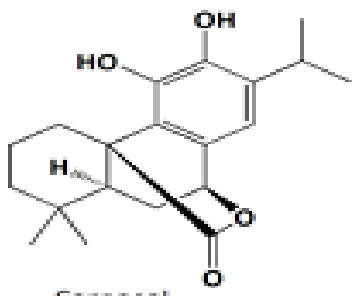
*Figure 2 : Rameau, fleurs, et feuilles du romarin (khorsi, 2013)*

### 2.4. Composition chimique :

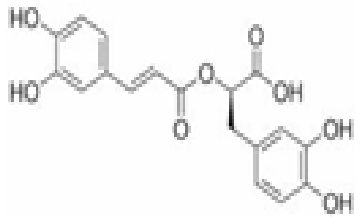
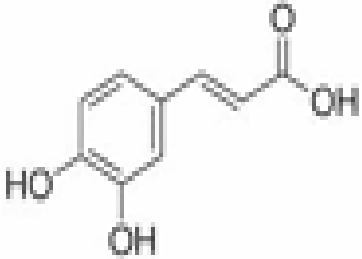
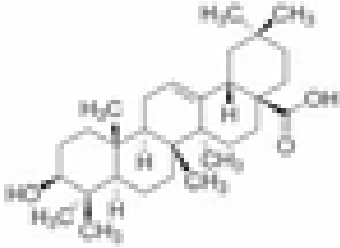
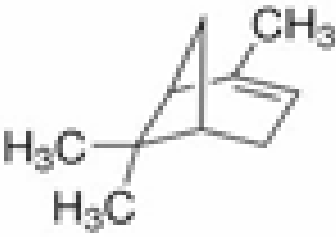
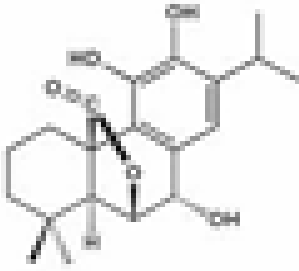
La composition Chimique du romarin officinal désigne l'ensemble des substances naturelles présentes dans cette plante, notamment dans les feuilles et son huile essentielle (**Dhouibi et al., 2023**). Le **tableau 2** regroupe quelques composés chimiques retrouvés dans les feuilles de romarin.

## Chapitre I : *Rosmarinus officinalis* L

Tableau 2 : Quelques composés chimique de *Rosmarinus Officinalis* L avec leurs structures.

Nom du composés	Structures	Références
1,8-cinéole (eucalyptol)		(Oualdi et al., 2021)
Camphre		(Oualdi et al., 2021)
Bornéol		(Oualdi et al., 2021)
Acide carnosique		(Mena et al., 2016)
Carnosol		(Mena et al., 2016)

## Chapitre I : *Rosmarinus officinalis* L

Acide rosmarinique		(Jonatas et al., 2019)
Acide caféique		(Jonatas et al., 2019)
Acide oléanolique		(Jonatas et al., 2019)
Rosmanol		(Jonatas et al., 2019)
Alpha-pinène		(Jonatas et al., 2019)

### 3. Utilisations du romarin :

#### 3.1. Utilisation en phytothérapie :

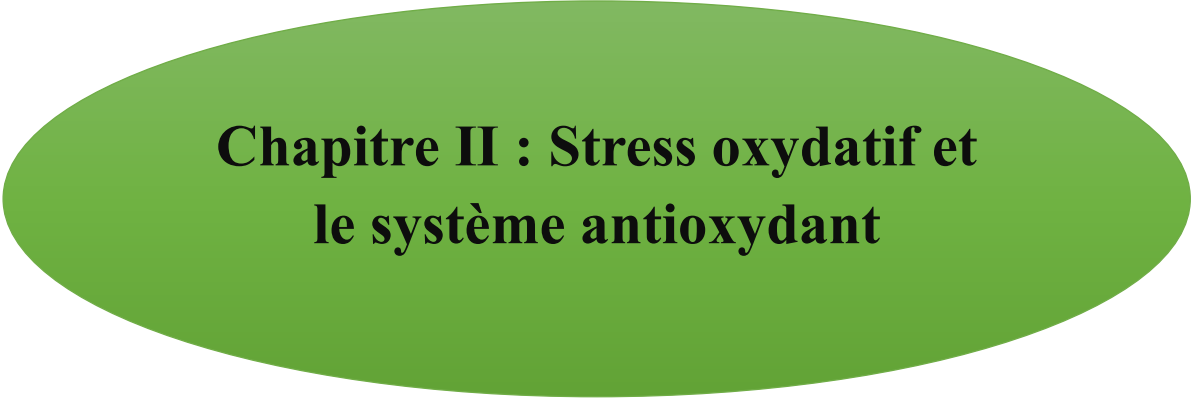
Le romarin (*Rosmarinus Officinalis* L) possède de nombreuses applications thérapeutiques grâce à sa richesse en composés bioactifs. Ces substances lui confèrent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et neuroprotectrices. En médecine traditionnelle, le romarin est utilisé pour soulager les troubles digestifs, les douleurs musculaires, les maux de tête, ainsi que les troubles respiratoires légers. Des études récentes suggèrent également un potentiel effet protecteur contre certaines formes de cancer, en plus d'une action bénéfique sur la mémoire et les fonctions cognitives. Ces effets thérapeutiques font du romarin une plante médicinale d'intérêt, utilisée seule ou en complément dans divers traitements naturels (Pawlowska et al., 2020).

#### 3.2. Utilisation alimentaire :

Le romarin est couramment ajouté aux produits carnés et aux huiles pour prolonger leur durée de conservation et améliorer leur qualité sensorielle, sans avoir recours à des additifs synthétiques. Son utilisation en tant qu'agent naturel dans l'industrie alimentaire répond également à la demande croissante des consommateurs pour des produits plus sains et respectueux de l'environnement (Kosmopoulou et al., 2024).

#### 3.3. Utilisation en cosmétique :

Le romarin est une plante aux multiples bienfaits en cosmétique. Il protège la peau du vieillissement prématuré en neutralisant les radicaux libres. De plus, le romarin stimule la microcirculation sanguine, améliorant ainsi l'éclat du teint. En soin capillaire, il favorise la croissance des cheveux, lutte contre les pellicules et apporte brillance et vitalité à la chevelure (Macedo et al., 2020).

A solid green oval shape centered on the page, containing the chapter title text.

**Chapitre II : Stress oxydatif et  
le système antioxydant**

## Chapitre II : Stress oxydatif et le système antioxydant

### Introduction :

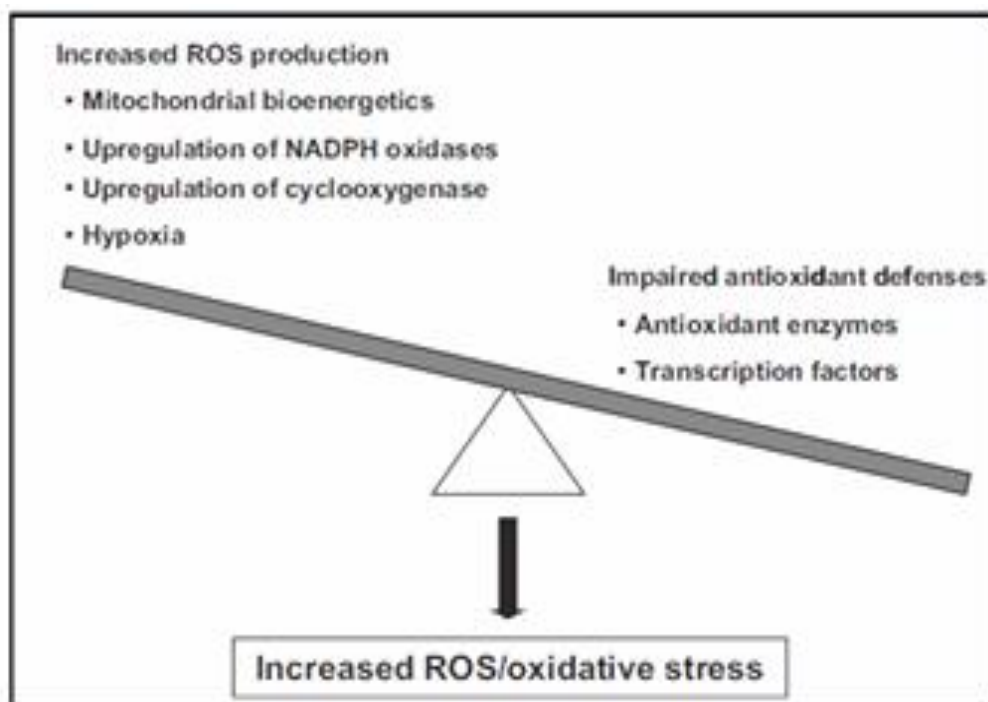
Dans ce chapitre 2, nous allons aborder le stress oxydatif et ses caractéristiques, nous traiterons également les radicaux libres, en étudiant plus particulièrement les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et de l'azote, ainsi que les mécanismes de production de ces espèces. Enfin, nous présenterons les antioxydants et leur classification.

### 1. Stress oxydatif :

#### 1.1. Définition :

Le stress oxydatif représente un déséquilibre dans l'organisme, entre la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes antioxydants (**Figure 3**) (Zbadi et al., 2018).

Le stress oxydatif se définit par une production excessive d'espèces réactives de l'oxygène (ERO), associée à une défense antioxydante insuffisante ou à une incapacité des mécanismes cellulaires à préserver l'équilibre redox (Davezies, 2017).



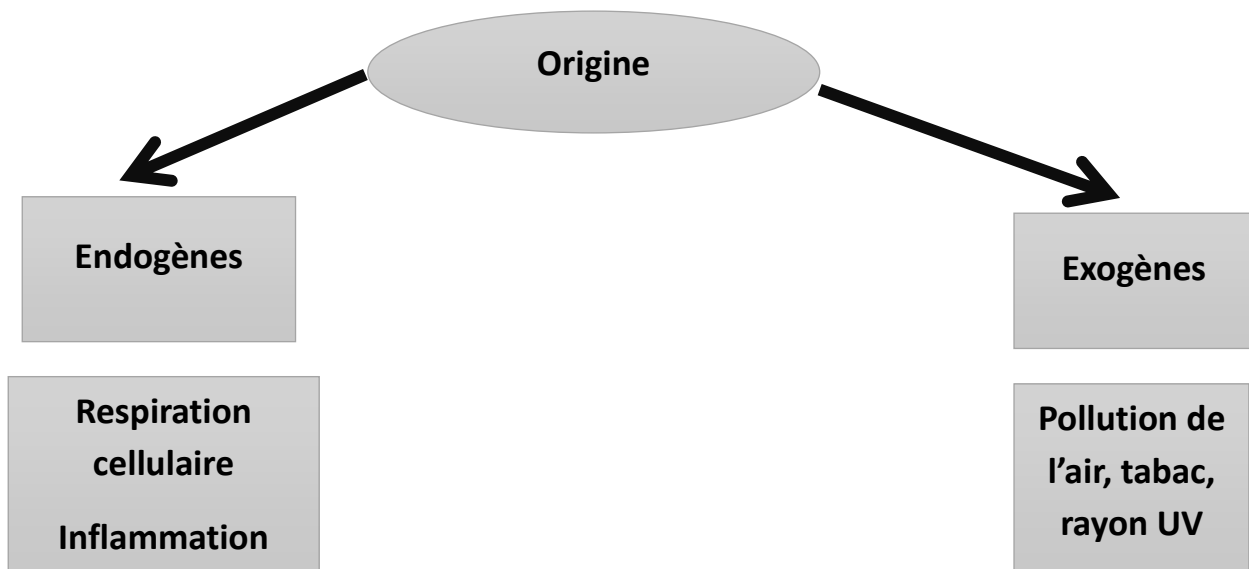
**Figure 3 :** Augmentation de la production des ROS et/ou la réduction des défenses antioxydantes entraînant un stress Oxydatif (Hamma, 2019)

## Chapitre II : Stress oxydatif et le système antioxydant

---

### 1.2. Origines du stress oxydatif :

Plusieurs facteurs peuvent permettre l'apparition du stress oxydatif. Des facteurs endogènes (dans l'organisme) et des facteurs exogènes (**Figure 4**).



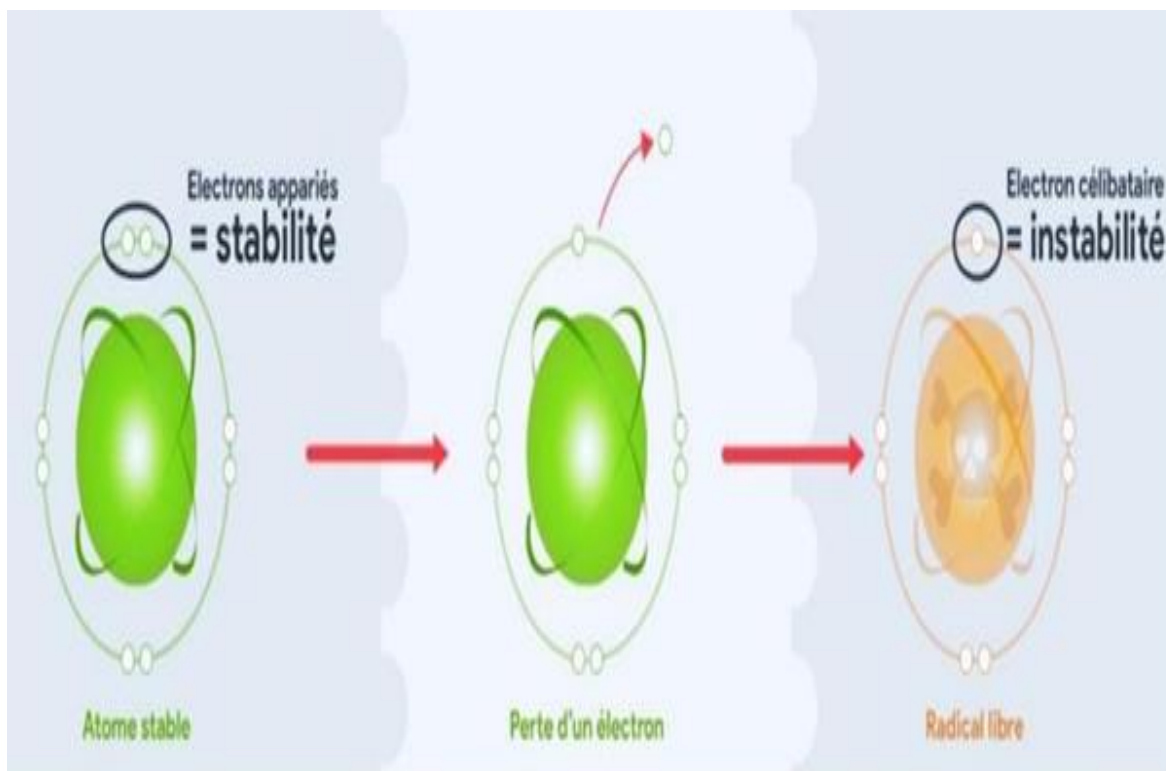
*Figure 4 : Origine du stress oxydatif (Hamma, 2019)*

## 2. Radicaux Libres :

### 2.1. Définition :

Les radicaux libres (RL) sont des molécules possédant une structure instable (**Figure 5**), ce qui les rend hautement réactives envers les constituants organiques et les structures cellulaires (**Aurousseau, 2002**).

Les radicaux libres ont été découverts il y a plus d'un siècle. À cette époque, on pensait que toutes les réactions d'oxydation impliquant des molécules organiques étaient médiées par ces radicaux, ce qui s'est révélé inexact, car certaines réactions d'oxydation ne font pas intervenir de radicaux libres (**Martemucci et al., 2022**).



*Figure 5 : Formation des radicaux libres (ghouti,2019)*

### 2.2. Espèces Réactives des radicaux libres :

Il existe deux types : les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les espèces réactives de l'azote (ERN).

*Tableau 3 : Principales espèces réactives rencontrées en biologie (Hamma et al., 2015).*

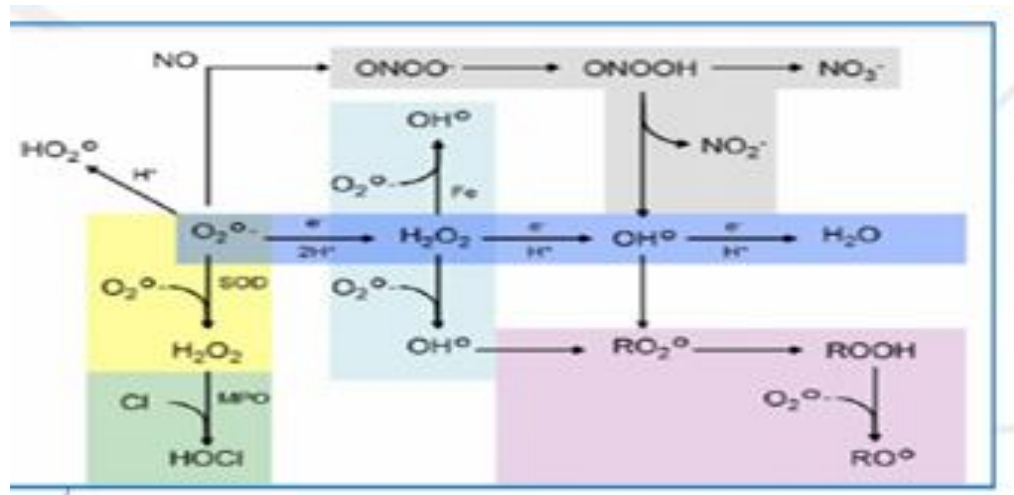
Symbole	Nom	Concentration(M)	Demi-vie à 37°C (s)
$O^{\cdot -}$	Superoxyde	$10^{-12}$ à $10^{-11}$	Enzymatique
$OH^{\cdot}$	Hydroxyle	-----	$10^{-9}$
$ONOO^{\cdot}$	Peroxynitrite	$10^{-6}$ à $10^{-7}$	0.05 à 1
$NO$	Monoxyde d'azote	-----	1 à 10
$H_2O_2$	Peroxyde d'hydrogène	$10^{-6}$ à $10^{-7}$	-----

#### 2.2.1. Les espèces réactives de l'oxygène :

Les ERO sont des dérivés de l'oxygène moléculaire générés principalement lors du métabolisme cellulaire (**Figure 6**). Elles comprennent :

## Chapitre II : Stress oxydatif et le système antioxydant

- ✓ L'anion superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ),
- ✓ Le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ),
- ✓ Le radical hydroxyle ( $\cdot OH$ ) (Hamma et al., 2015).



**Figure 6 :** Formation en cascade des différentes espèces oxygénées réactives à partir du radical superoxyde (Hamma et al., 2015)

### 2.2.2. Les espèces réactives de l'azote :

Les ERN sont des dérivés réactifs de l'azote, souvent produites par la réaction de l'oxyde nitrique ( $NO\cdot$ ) avec des ERO. Elles incluent :

- ✓ Le peroxy-nitrite ( $ONOO^-$ ).
- ✓ Le dioxyde d'azote ( $NO_2\cdot$ ).
- ✓ Le radical nitrosyle ( $NO\cdot$ ) (Hamma et al., 2015).

### 2.3. Les conséquences de stress oxydatif :

Le stress oxydatif, causé par un excès de radicaux libres **figure 07** et **figure 08**

## Chapitre II : Stress oxydatif et le système antioxydant

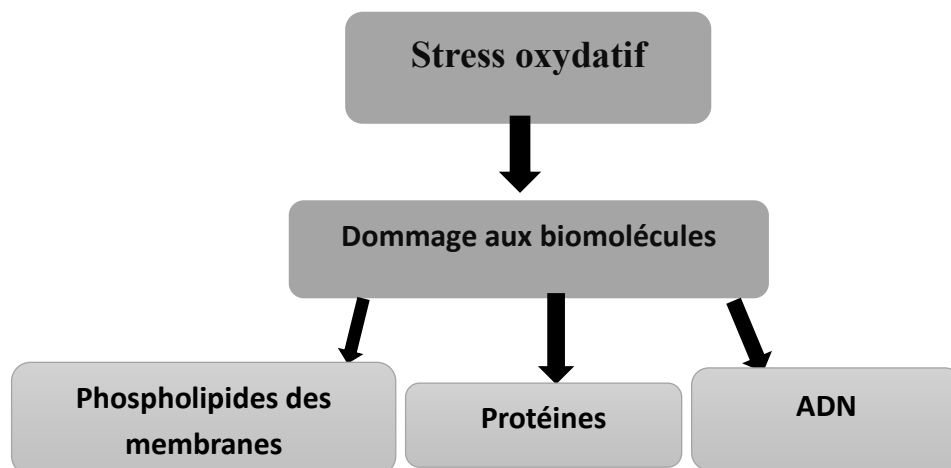


Figure 7 : conséquences de stress oxydatif (Miguel Santibáñez et al., 2023)

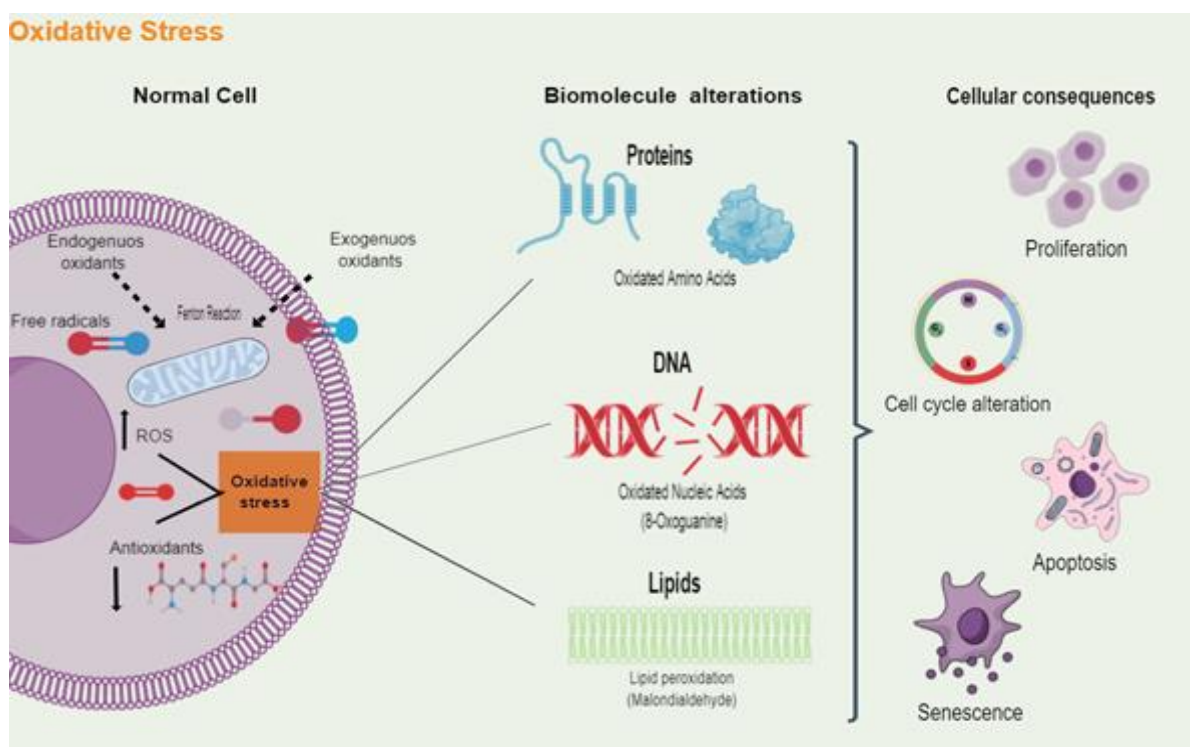


Figure 8 : mécanismes cellulaires induits par le stress oxydatif (Miguel Santibáñez et al., 2023)

### 3. Antioxydants :

Les antioxydants sont des composés ou des systèmes capables de ralentir l'autoxydation. Ils agissent en empêchant la formation de radicaux libres ou en interrompant leur propagation, grâce à un ou plusieurs mécanismes d'action (Brewer, 2011).

## Chapitre II : Stress oxydatif et le système antioxydant

---

Les antioxydants sont des molécules qui empêchent la génération des radicaux libres, tout en protégeant les cellules du corps contre leur dommages causés (Sailaja et al., 2011), et en bloquant aussi, la propagation des réactions en chaîne qu'ils déclenchent (Rolland, 2004).

### 3.1. Classification des antioxydants :

Généralement, la classification des antioxydants se fait selon leur origine : **enzymatique** et **non enzymatique**.

#### 3.1.1. Enzymatique :

Les Antioxydants enzymatique sont des enzymes produites naturellement par l'organisme pour stopper les effets causés par les radicaux libres. Dont :

- ✓ Superoxyde dismutase (SOD) ;
- ✓ Catalase (CAT) ;
- ✓ Glutathion peroxydase (GPx).
- ✓ Glutathion réductase (Sailaja et al., 2011).

#### 3.1.2. Non enzymatique :

Les Antioxydants non enzymatique sont des molécules naturelles ou synthétiques, qui protègent les cellules en neutralisant les radicaux libres. Comme exemple : vitamines C, et E, caroténoïdes, polyphénols, Coenzyme Q10, ..., etc (Sailaja et al., 2011).

- ❖ Il y a aussi une autre classification des antioxydants, basée notamment sur leur structure chimique et leur mode action selon la **Figure 09** ci-dessous (Flieger et al, 2021).

# Chapitre II : Stress oxydatif et le système antioxydant

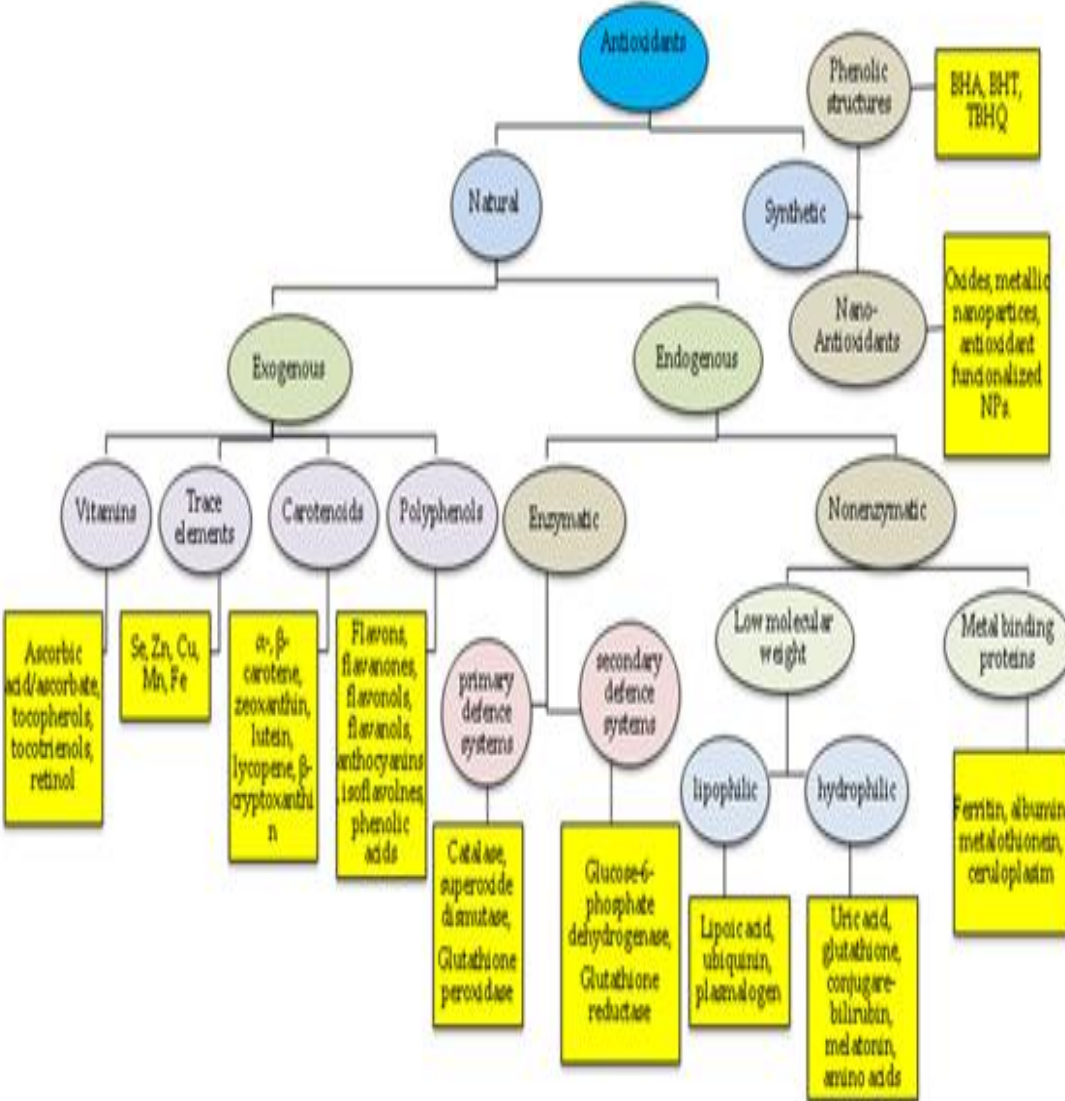


Figure 9 : Classification des antioxydants (Flieger et al, 2021)

## **Partie expérimentale**



## **Matériel et méthodes**

## **Matériel et méthodes**

---

### **Matériel et méthodes :**

La partie pratique dans ce mémoire a été effectuée au sein du laboratoire de recherche LAPSAB : Antibiotiques, Antifongiques : Physico-Chimie, Synthèse et Activité Biologique, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers – Université de Tlemcen.

#### **1. Matériel végétal :**

Les feuilles de romarin officinal (**Figure 10**), ont été récoltées dans la commune de Tient, wilaya de Tlemcen, à la fin du mois de février 2025. Les feuilles récoltées ont été soigneusement nettoyées pour éliminer les impuretés et les résidus éventuels, et bien sécher dans un endroit bien aéré à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant deux semaines.



*Figure 10 : Feuilles Séchées de Rosmarinus Officinalis L (photo personnelle)*

#### **2. Préparation des extraits de Rosmarinus officinalis L :**

##### **2.1. Protocole de préparation des extraits bruts :**

Les feuilles du romarin ont été mélangés avec 200 ml de solvant (eau/éthanol) (30/70) (v/v). L'extraction a été faite par la macération pendant 48 heures. L'extrait brut obtenu est filtré sur papier filtre (**Figure 11**).



*Figure 11 : Filtration de l'extrait brut (photo personnelle)*

Le solvant organique été évaporé avec un Rotavapeur (**Figure 12**).



*Figure 12 : Rotavapeur (photo personnelle)*

Après évaporation de l'extrait, la phase aqueuse obtenu est séchée et le résidu obtenu est conservé à + 4° C.

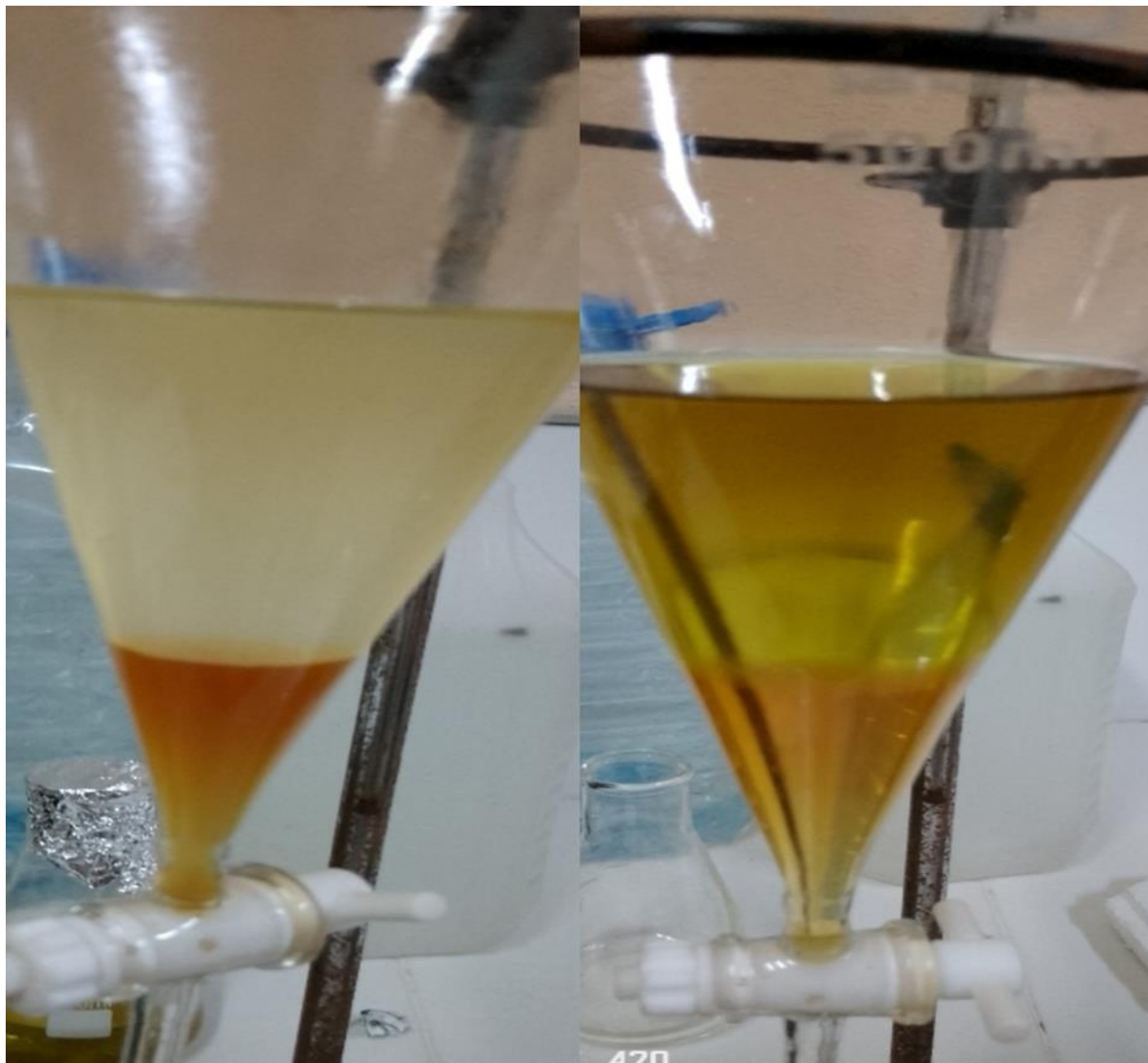
### **2.2. Protocole de préparation des fractions de la plante :**

Cette méthode est appelée extraction liquide-liquide. Elle est fréquemment utilisée en analyse pour séparer les mélanges. Elle repose sur la différence d'affinité d'un soluté entre deux phases non miscibles entre elles.

## Matériel et méthodes

---

Le fractionnement des phases aqueuses des extraits bruts hydro-éthanolique préparées comme précédemment, est réalisé à l'aide d'une ampoule à décanter (**Figure 13**).



*Figure 13 : Extraction liquide / liquide (photo personnelle)*

Après évaporation de l'extrait brut hydro-éthanolique, la phase aqueuse obtenue a été fractionnée avec l'acétate d'éthyle trois fois en utilisant une ampoule à décanter jusqu'à épuisement de cette phase. La phase d'acétate d'éthyle est évaporée par la suite, et le résidu obtenu est conservé à + 4° C.

A la fin des deux extractions effectuées, nous obtenons deux extraits :

- Un extrait brut hydro-éthanolique (EHE).
- Une fraction d'acétate d'éthyle (FAE).

## Matériel et méthodes

---

### 2.3. Détermination du rendement d'extraction :

Le rendement en matière sèche, est défini comme le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenu et la masse du matériau végétal traité, exprimé en pourcentage. Ce rendement est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$R (\%) = (M/M_0) \times 100$$

**R (%)** : Rendement exprimé en % ;

**M** : Masse en g de l'extrait obtenu ;

**M<sub>0</sub>** : Masse en g de la matière végétale initial utilisée pour l'extraction. (**Saouli et Abdennebi, 2020**).

### 3. Tests phytochimiques :

Pour détecter la présence ou l'absence de composés spécifiques des familles chimiques de métabolites secondaires dans nos extraits, nous avons mené des tests phytochimiques particuliers basés sur des réactions de coloration, de turbidité ou de précipitations (**Haddouchi et al., 2016**). Cette analyse a été réalisée selon les techniques décrites par (**Bruneton, 1999**) et (**Harborne, 1998**).

Le protocole de ces tests pour chaque extrait est le suivant :

#### 3.1. Les alcaloïdes :

Dans deux tubes à hémolyse, introduire 0,5 ml de l'extrait à analyser. Acidifier le milieu par quelques gouttes d'acide chlorhydrique (1%) et ajouter 0,5 ml de réactif de Mayer dans le premier tube et 0,5 ml de réactif de Wagner dans le second tube. L'apparition d'un précipité blanc ou brun, respectivement, révèle la présence d'alcaloïdes.

#### 3.2. Les tanins :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,25 ml d'une solution aqueuse de chlorure de fer (1%). Le mélange est incubé pendant 15 min à température ambiante. La présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu noirâtre.

## Matériel et méthodes

---

---

### 3.3. Les flavonoïdes :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1 ml de d'acide chlorhydrique concentré et quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose ou rouge ou jaune démontre la présence des flavonoïdes.

### 3.4. Les quinones libres :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,1 ml d'hydroxyde de sodium (1%). L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres.

### 3.5. Anthraquinones :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1ml d'ammoniaque (10 %), puis agiter. L'apparition d'une coloration violette indique la présence des anthraquinones.

### 3.6. Les coumarines : Fluorescence UV :

Dans deux tubes à hémolyse, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, prendre le premier comme témoin et ajouter à l'autre 0,1 ml d'ammoniaque (10 %). Mettre deux taches sur un papier filtre et examiner sous la lumière UV à 366 nm. Une fluorescence intense indique la présence des coumarines.

### 3.7. Les saponines : test de mousse :

Dans un tube à essai, introduire 10 ml de l'extrait à analyser, agiter pendant 15 secondes et laisser le mélange au repos pendant 15 min. Une hauteur persistante supérieure à 1 cm de mousse indique la présence de saponines.

### 3.8. Les terpénoïdes :

#### 3.8.1. Test de Slakowski :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, ajouter 0,4 ml de chloroforme et 0,6 ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et un couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

#### 3.8.2. Test de Librman-Burchard :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,1 ml d'anhydride acétique et 0,1 ml d'acide sulfurique. Le mélange est incubé pendant 15 min. l'apparition d'une couleur mauve ou violet indique la présence de terpénoïdes.

## Matériel et méthodes

---

### 3.9. Les composés réducteurs :

Dans un tube à hémolyse, ajouter 1 ml de liqueur de Fehling (0,5 ml réactif A et 0,5 ml réactif B) à 1 ml d'extrait à analyser et incubé l'ensemble 08 min dans un bain marie bouillant. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs.

## 4. Dosages Quantitatifs des composés phénoliques :

### 4.1. Dosage des polyphénols totaux :

C'est une méthode quantitative utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, d'une couleur jaune et composé de l'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et de l'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_4$ ).

Les polyphénols totaux sont dosés dans nos échantillons comme suit : 100  $\mu$ l d'extrait à une concentration de 1 mg/ml, sont mélangés avec 2 ml de la solution de carbonate de sodium à 7 %.

Après agitation et incubation pendant 5 minutes, 100  $\mu$ l du réactif de Folin-Ciocalteu à 0,2 N sont ajoutés. Les tubes sont incubés à la température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 30 minutes. L'absorbance est ensuite mesurée au spectrophotomètre à 725 nm contre un blanc.

De la même manière, nous avons préparé la gamme d'étalonnage de l'acide gallique, avec des concentrations croissantes.

Les résultats des quantités des composés phénoliques de nos extraits sont exprimés en microgrammes équivalent acide gallique par milligrammes d'extrait ( $\mu$ g Eq AG/mg E) (Vermerris et Nicholson, 2006).

### 4.2. Dosage des flavonoïdes totaux :

Le dosage des flavonoïdes de nos extraits a été réalisé par une méthode colorimétrique selon le protocole de (Zhishen et al., 1999).

Un volume de 250  $\mu$ l de nos échantillons à la concentration de 1 mg/ml, est mélangé avec 1 ml d'eau distillée et 75  $\mu$ l du réactif de nitrite de sodium à 15 %. Après une incubation de 6 minutes à température ambiante, 75  $\mu$ l du réactif de chlorure d'aluminium à 10 % sont ajoutés et les tubes sont incubés pendant 6 minutes. Un volume de 1 ml d'hydroxyde de sodium à 4% est ajouté et le volume total des tubes a été complété à 2,5 ml par de l'eau distillée. Après agitation et incubation pendant 30 minutes à température ambiante et à l'abri de la lumière, les absorbances sont mesurées contre un blanc à une longueur d'onde de 510 nm.

## Matériel et méthodes

---

Selon la même procédure décrite précédemment, nous avons préparé la gamme d'étalonnage de la catéchine, avec des concentrations croissantes.

Les résultats du dosage des flavonoïdes de nos deux extraits sont exprimés en microgrammes équivalent catéchine par milligrammes d'extrait ( $\mu\text{g Eq C/mg E}$ ).

## Matériel et méthodes

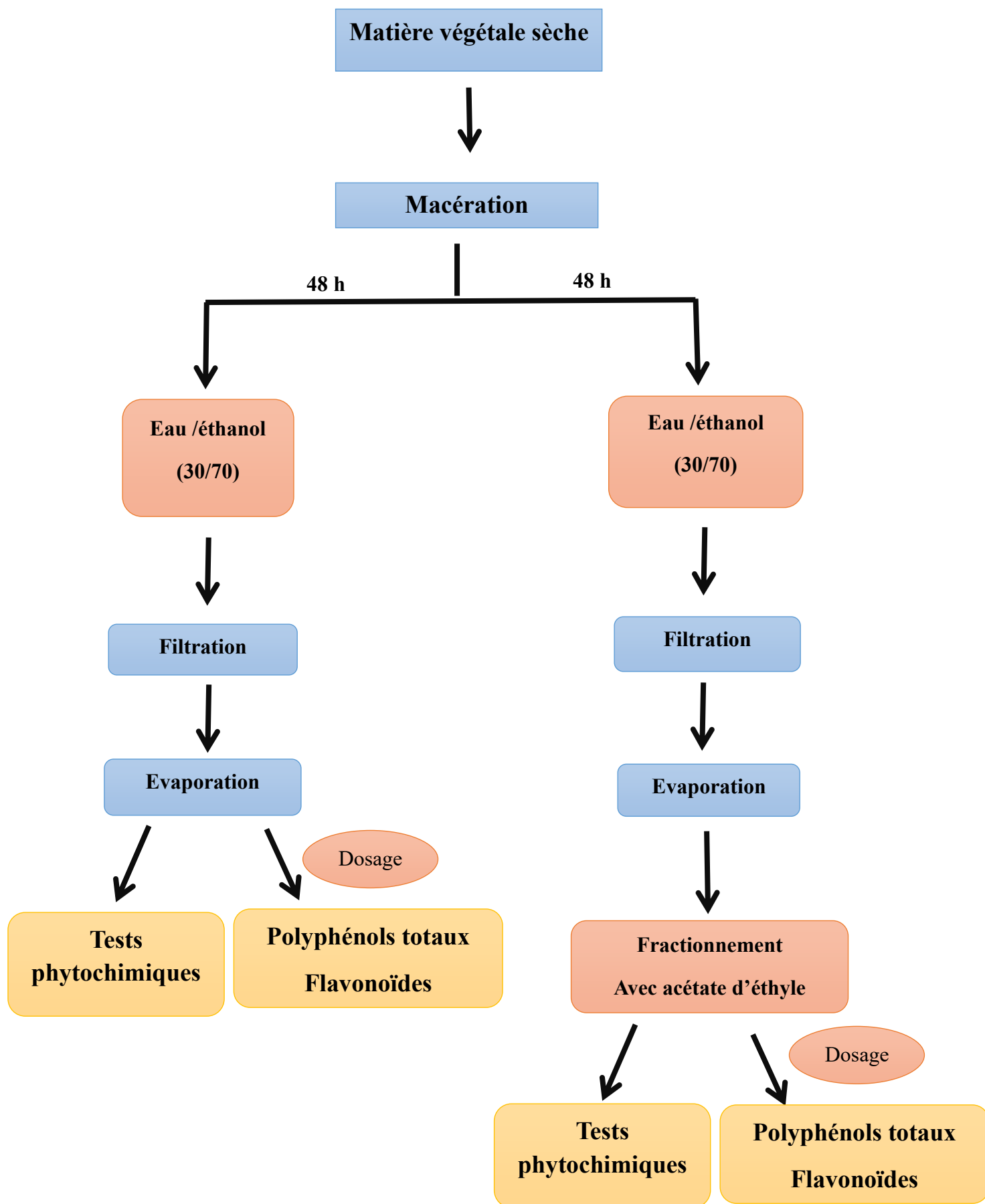


Figure 14 : Schéma récapitulatif du protocole expérimental de la partie phytochimique

## Matériel et méthodes

---

---

### 5. Etude de l'activité antioxydante des extraits de *Rosmarinus officinalis*

#### L :

L'activité antioxydante totale a été évaluée à l'aide de deux méthodes : piégeage du radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), et la capacité antioxydante totale (CAT).

#### **5.1. Piégeage du radical libre DPPH :**

C'est une méthode utilisée pour évaluer l'activité antioxydante des échantillons. Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) se caractérise par sa capacité à produire des radicaux libres stables.

Cette méthode a été réalisée comme suit :

À un volume de 975 µl d'une solution méthanolique de DPPH d'une concentration de  $6,34 \times 10^{-5}$  M, est ajouté un volume de 25 µl des extraits de *Rosmarinus officinalis* ou de l'acide ascorbique (contrôle positif), à différentes concentrations.

En parallèle, un tube blanc est préparé pour chaque concentration de l'échantillon à tester, par addition de 25 µl de l'échantillon à tester et de 975 µl de méthanol. Un volume de 25 µl de méthanol est combiné avec un volume de 975 µl de la solution méthanolique de DPPH pour préparer le control négatif.

Après incubation des différents tubes, à l'abri de la lumière et à température ambiante pendant 30 minutes, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 515 nm. Ce test est réalisé en triplicate pour les extraits de *Rosmarinus officinalis*, ainsi que pour l'acide ascorbique.

Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH par les échantillons, sont calculés comme suit :

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

**AC** : Absorbance du contrôle négatif.

**AE** : Absorbance de l'échantillon.

#### **5.2. Capacité antioxydante totale (CAT) :**

C'est une méthode utilisée permettant l'évaluation de la capacité antioxydante totale des échantillons à tester.

Cette méthode a été réalisée comme suit :

Nous avons préparé le réactif de phosphomolybdate (acide sulfurique, phosphate de sodium et molybdate d'ammonium). À un volume de 100 µl des extraits, est ajouté un volume de 1000 µl

## Matériel et méthodes

du réactif de molybdate. Après agitation les tubes ont été mis dans un bain mari à 95°C pendant 1 heure 30 minutes. L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 695 nm. Ce test est réalisé en triplicate.

Selon la même procédure décrite précédemment, nous avons préparé la gamme d'étalonnage de l'acide ascorbique, avec des concentrations croissantes.

Les résultats de ce test pour nos deux extraits sont exprimés en microgrammes équivalent acide ascorbique par milligrammes d'extrait ( $\mu\text{g Eq AA/mg E}$ ).

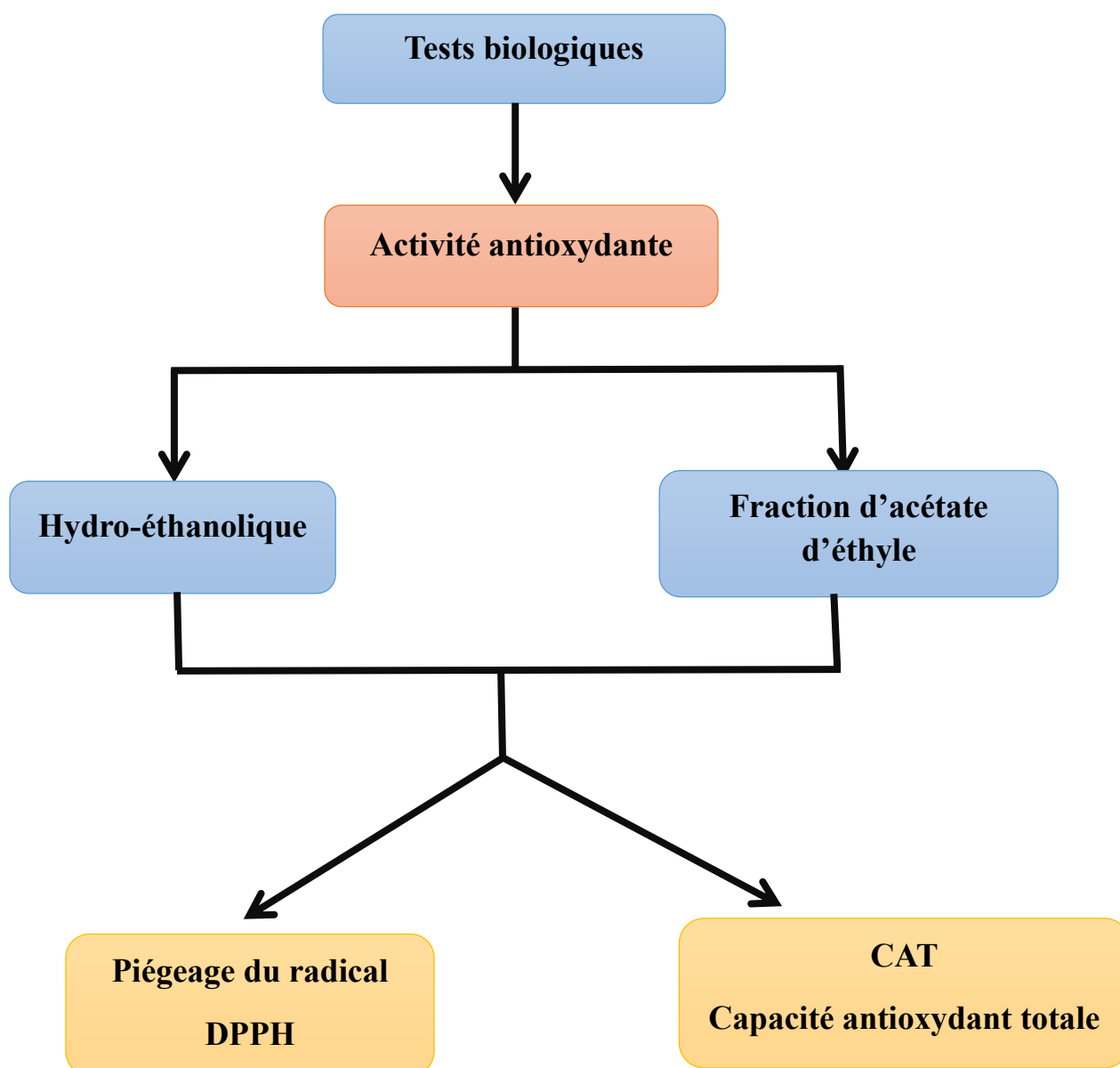


Figure 15 : : Schéma récapitulatif de la partie des tests biologiques.

## Matériel et méthodes

### 6. Préparation d'une pommade anti-inflammatoire (anti-douleur) :

#### 6.1. Ingrédients de la pommade :

- ✓ 40g de matière végétale ;
- ✓ 150g d'huile de coco (solide) ;
- ✓ 15g de cire d'abeille naturelle ;
- ✓ 5 à 6 gouttes d'huile de romarin.

#### 6.2. Méthode de préparation :

Pour préparer la pommade, les feuilles sèches de *Rosmarinus officinalis* L ont été chauffées avec huile de coco bain-marie. Une fois l'infusion terminée, le mélange a été filtré pour enlever les morceaux de plante. Ensuite, la cire d'abeille a été ajoutée au mélange jusqu'à ce que la cire soit complètement fondue. Ensuite, quelques gouttes d'huile de romarin sont ajoutées (**Figure 16**).

Enfin, la préparation a été versée dans une boîte propre et laissée à refroidir jusqu'à solidification (**Figure 17**).



*Figure 16 : Préparation d'une pommade (photo personnelle)*



*Figure 17 : Pommade préparée (photo personnelle)*



**Résultats et discussion**

## Résultats et discussion

---

---

### 1. Etude phytochimique :

Dans la partie expérimentale de notre mémoire, nous avons préparé deux extraits bruts hydro-éthanolique des feuilles de *Rosmarinis Officinalis* L. Le premier a été évaporé, et le résidu obtenu est conservé pour des tests ultérieurs.

Le second extrait, après évaporation de sa phase organique, la phase aqueuse a été soumise à une extraction liquide-liquide (fractionnement) à l'aide de l'acétate d'éthyle. Après évaporation de la phase acétate d'éthyle, la fraction obtenue est conservée avec le premier extrait.

### 2. Rendement des extractions :

Le rendement des extraits fait généralement référence à la quantité d'extrait obtenu à partir d'une matière première végétale, exprimée en pourcentage.

Nous avons obtenu les résultats illustrés dans le **tableau 4** suivant

*Tableau 4 : Rendements des extraits.*

Extraits	Couleur	Aspect	Solubilisation	Rendement (%)
Hydro-éthanolique	Jaune clair	Poudre	DMSO	2,59
Fraction acétate éthyle	Jaune clair	Poudre	DMSO	4,47

Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que la fraction d'acétate éthyle a un rendement élevé par rapport à celui de l'extrait hydro-éthanolique.

### Discussion :

- Selon les résultats de **(Oldache et al., 2023)**, l'extrait hydro-éthanolique, préparé avec une macération de 10 heures des feuilles de *Rosmarinus Officinalis* L, a montré un rendement de 16 %. Ce qui est supérieur à celui que nous avons obtenu.
- De plus, **(Fadili et al., 2015)**, ont obtenu des résultats différents par rapport aux nôtres (feuilles de *Rosmarinus Officinalis* L), où, l'extrait hydro-éthanolique a un rendement de 13,6%, et la fraction d'acétate éthyle a présenté un rendement de 1,24%.
- Le rendement des extraits est influencé par plusieurs facteurs tels que, la nature du solvant, le mode d'extraction, la durée de d'extraction, la période de récolte, la région de la récolte et la durée de séchage, sont tous des paramètres qui affectent le rendement **(Bahri, et al, 2022)**.

## Résultats et discussion

### 3. Tests phytochimiques :

Les résultats des tests phytochimiques sont qualitatifs, c'est-à-dire pour l'observation des couleurs ou précipités, et pour la présence ou l'absence des composés chimiques.

Ces tests sont réalisés sur l'extrait hydro-éthanolique et la fraction d'acétate éthyle. Les résultats sont représentés dans le **tableau 05**.

**Tableau 5 :** Résultats des tests phytochimiques réalisées sur les extraits de *Rosmarinus officinalis L.*

Tests phytochimiques		Observation	
Composés chimiques	Réactifs	Extrait hydro-éthanolique	Fraction acétate d'éthyle
Alcaloïdes	Mayer	+	-
	Wagner	+	+
Tanins	FeCl <sub>3</sub>	++	++
Flavonoïdes	HCl + Mg <sup>2+</sup>	+++	+++
Quinones libres	NaOH	+	+
Anthraquinones	NH <sub>4</sub> OH	-	-
Coumarines	UV à 366 nm	+	+
Terpénoïdes	Test de Slakowski	+	+
	T. Lieberman-Burchard	+	-
Composés réducteurs	Liqueur de Fehling	+	+
Saponines	Test de mousse	-	-

+++ : Fortement présent, ++ : Moyennement présent, + Faiblement présent, - Test négatif.

D'après les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus, nous avons noté la présence des flavonoïdes, des tanins, des quinones libres, et des coumarines.

De plus la présence des alcaloïdes (réactif de Mayer), des terpénoïdes (test de Liberman-Burchard) dans l'extrait hydro-éthanolique, mais l'absence dans la fraction d'acétate éthyle.

## Résultats et discussion

---

Les tests des anthraquinones et des saponines ont été négatif dans les deux extraits.

### Discussion :

- Les résultats de (Fadili et al., 2015) ont permis de mettre en évidence la présence des flavonoïdes, des tanins, des stérols et triterpènes, des saponosides, des anthraquinones libres. Mais il a été observé l'absence des alcaloïdes, des composés réducteurs, dans les extraits hydro-éthanolique et la fraction d'acétate éthyle.
- Selon les résultats de (Benattouche et al., 2024), les auteurs notent la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des phénols, des quinones, des coumarines, des saponosides, des terpénoïdes et des sucres réducteurs. Par contre, les feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, ne contient pas d'anthocyanines dans les extraits hydro-métanolique et la fraction d'acétate éthyle.

En comparant nos résultats avec les résultats des études de chercheurs précédents, nous avons remarqué la présence et l'absence de certains composés chimiques, avec quelques différences mineures. Ces différences peuvent être liés aux temps d'extraction, la polarité du solvant, la méthode d'extraction, le moment de la récolte de la plante.

## 4. Dosages quantitatifs des composés phénoliques :

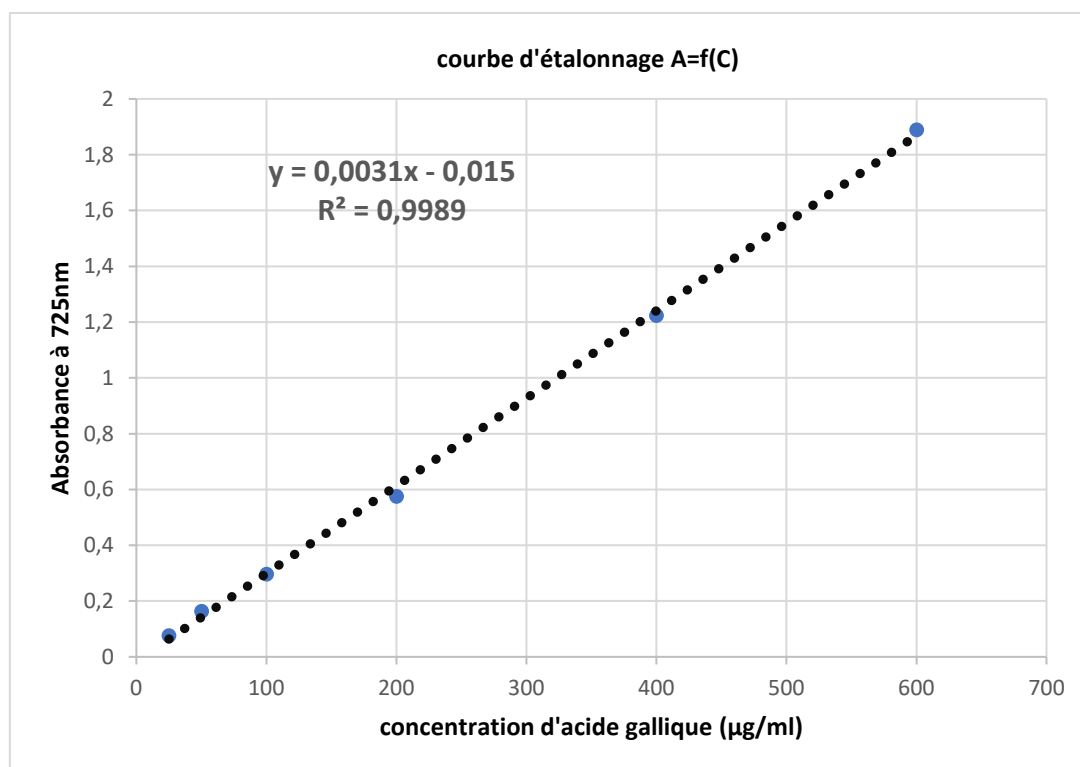
### 4.1. Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux est basé sur l'oxydation des composés phénoliques. Il a été réalisé avec le réactif de Folin-Ciocalteu de couleur jaune, qui est un mélange chimique composé principalement d'acide phosphomolybdique et phosphotungstique utilisé comme agent oxydant.

La courbe d'étalonnage suivante ( $R^2 = 0,9989$ ) a été tracée avec différentes concentrations de l'acide gallique.

Les résultats sont exprimés en microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme de l'extrait ( $\mu\text{g EAG}/\text{mg E}$ ) (Figure 18).

## Résultats et discussion



*Figure 18 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.*

D'après nos résultats, nous avons obtenu un taux de polyphénols dans l'extrait hydro-éthanolique égale à  $229,7 \pm 0,069 \mu\text{g Eq AG/mg d'extrait}$ . Ce taux est inférieur par rapport à celui de la fraction acétate éthyle, qui contient  $236,169 \pm 0,060 \mu\text{g Eq AG/mg d'extrait}$ .

- Dans une étude réalisée sur la même partie de la plante. Les auteurs ont utilisé les mêmes solvant, et ont obtenu des taux inférieurs en composés phénoliques totaux  $185,71 \pm 4 \text{ mg eq AG/g}$  pour l'extrait hydro-éthanolique, et pour la fraction d'acétate éthyle  $190,35 \pm 4 \text{ mg eq AG/g}$ . Ces résultats sont inférieurs par rapport à nos résultats (**Fadili et al., 2015**).
- Selon les résultats de (**Oldache et al., 2023**), le taux de polyphénols totaux de l'extrait hydro-éthanolique des feuilles de *Rosmarinus Officinalis* L, est de  $19,76 \text{ mg Eq AG/g}$ , une valeur inférieure à celle obtenu dans notre étude.
- Dans une autre part, le taux de polyphénol totaux pour l'extrait hydro-méthanolique est de  $195.45 \pm 4.16 \text{ mg eq AG/g d'extrait}$ , qui est inférieur à notre extrait brut et pour la fraction d'acétate éthyle  $541.82 \pm 3.15 \text{ mg eq AG/g d'extrait}$  une valeur très élevée par rapport à notre fraction. Un autre solvant a été utilisé, la fraction de n-butanol (macérés (70/30 ; v/v)) qui a montré un taux de  $539.39 \pm 5.25 \text{ mg eq AG/g d'extrait}$  (**Athamena et al., 2014**).

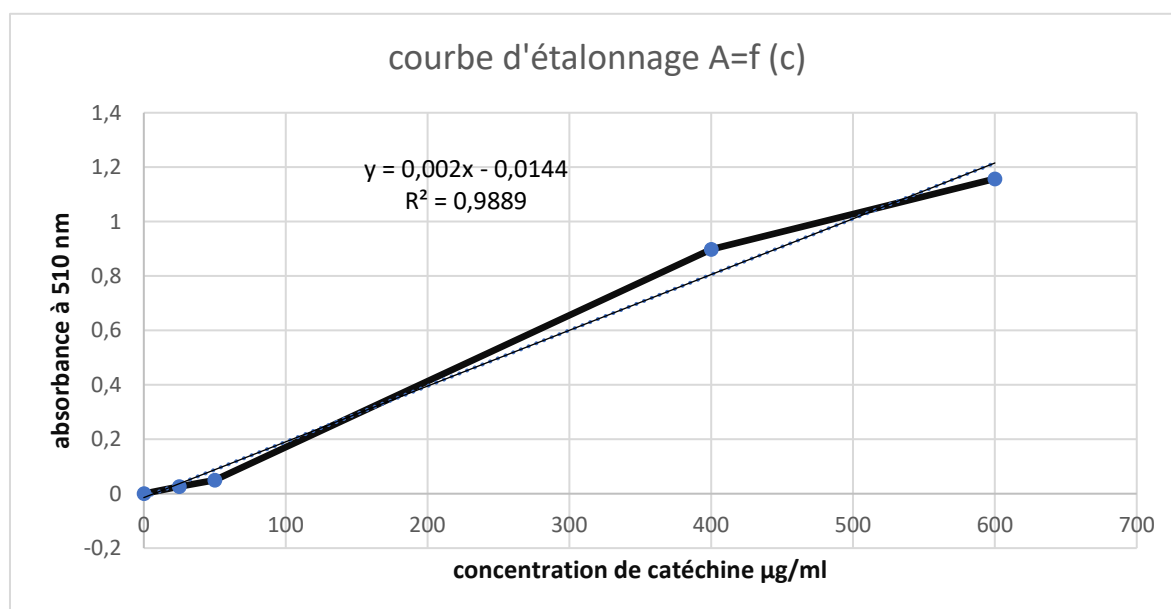
## Résultats et discussion

### 4.2. Dosage des flavonoïdes :

Les flavonoïdes contiennent un groupe hydroxyle libre en position 5, qui peut interagir avec un groupe carbonyle pour former un complexe coloré en présence de chlorure d'aluminium. Ce phénomène de chélation avec les ions métalliques, notamment l'aluminium, conduit à la formation de complexes de teinte jaunâtre (Ribéreau-Gayon, 1968).

Une courbe d'étalonnage ( $R^2 = 0,9889$ ) a été réalisée avec des concentrations différentes de la catéchine **Figure 19**.

La teneur en flavonoïdes est exprimée en microgramme équivalent de catéchine par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EC /mg E}$ ).



**Figure 19 :** Courbe d'étalonnage de la catéchine.

D'après les résultats, le taux des flavonoïdes dans l'extrait hydro-éthanolique des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, est de  $297,2 \pm 0,039 \mu\text{g Eq C/mg d'extrait}$ , alors que pour la fraction d'acétate éthyle est supérieur avec un taux de  $317,2 \pm 0,076 \mu\text{g Eq C/mg d'extrait}$ .

- Selon les résultats de (Athamena et al., 2014), sur la même partie de la plante, l'extrait hydro-méthanolique a une quantité de  $2.06 \pm 1.14 \text{ mg C/g d'extrait}$ , et la fraction d'acétate éthyle a une quantité de  $21.39 \pm 0.72 \text{ mg C/g d'extrait}$ , une valeur très inférieure par rapport à nos résultats. La fraction de n-butanol quant à elle, a une quantité de  $19.58 \pm 2.75 \text{ mg C/g d'extrait}$ .

## Résultats et discussion

- Selon l'étude réalisée par (Oldache et al., 2023), les auteurs ont obtenu un taux de flavonoïdes pour l'extrait hydro-éthanolique des feuilles macérées (70/30 ; v/v) égale à 4.46 mg EQ/g d'extrait, qui est très faible en comparaison à notre extrait.

Dans le cadre de notre étude, les différents tests effectués ont révélé la présence de flavonoïdes et de polyphénols. Il convient de souligner que la teneur en ces composés peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique et les conditions climatiques des plantes utilisées, ainsi que la méthode d'extraction et le choix des solvants employés.

### **5. Etude de l'activité antioxydantes des extraits de *Rosmarinus officinalis***

#### **L :**

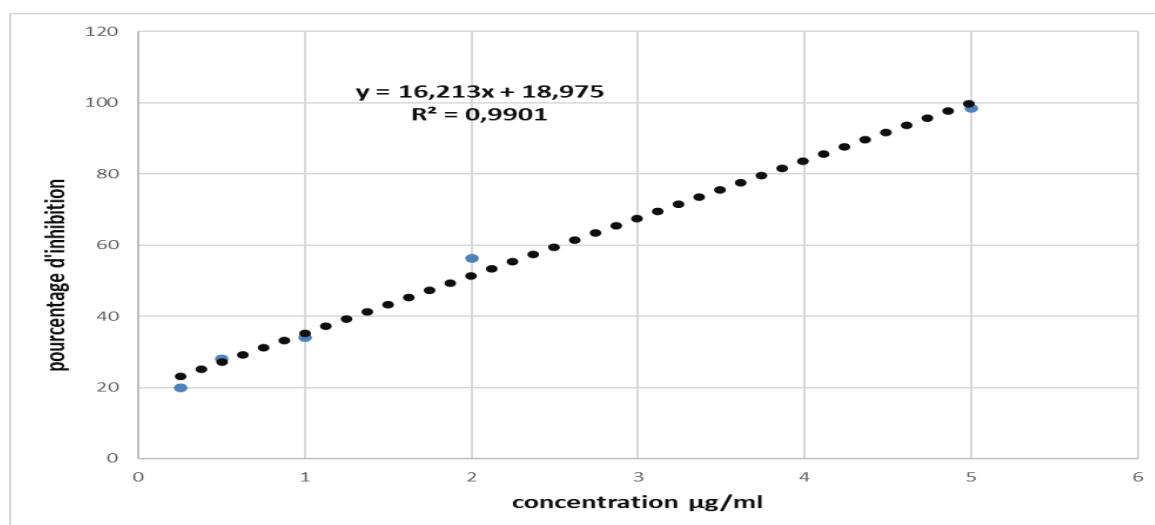
#### **5.1. Résultats du piégeage du radical libre DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) :**

L'activité antiradicalaire des extraits hydro-éthanoliques et la fraction d'acétate éthyle des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, ainsi que celle de l'acide ascorbique, a été évaluée en mesurant le pourcentage d'inhibition du radical DPPH et la  $CI_{50}$ , correspondant à la concentration nécessaire pour inhiber 50 % de ce radical.

Les courbes suivantes représentent le piégeage de DPPH par l'acide ascorbique (Figure 20), et par l'extrait hydro-éthanolique (figure 21), et la fraction d'acétate éthyle (figure 22).

#### **5.1.1. Piégeage du radical DPPH par l'acide ascorbique :**

Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans la figure 20 (équation :  $Y = 16,213x + 18,975$  avec  $R^2 = 0,9901$ ).



**Figure 20** : Piégeage du radical DPPH par l'acide ascorbique.

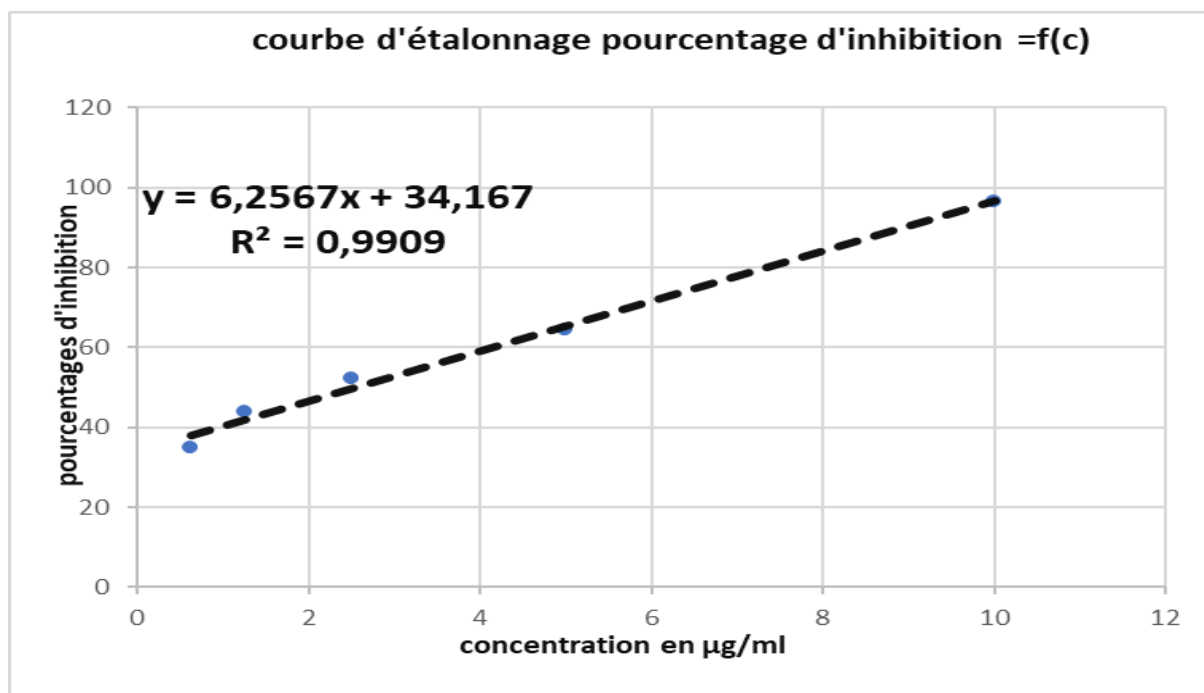
## Résultats et discussion

Nous remarquons que : l'acide ascorbique présente un pouvoir antiradicalaire très important, avec un pourcentage d'inhibition 98,35 % pour une concentration de 5 µg/ml.

### 5.1.2. Piégeage du radical DPPH par l'extrait hydro-éthanolique :

Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans la **figure 21** (équation :  $Y = 6,2567x + 34,167$  avec  $R^2 = 0,9909$ ).

Nous remarquons que : l'extrait hydro-éthanolique a produit un pourcentage d'inhibition très important de 96,61% à la concentration de 10 µg/ml



*Figure 21 : Piégeage du radical DPPH par l'extrait hydro-éthanolique.*

### 5.1.3. Piégeage du radical DPPH par la fraction d'acétate d'éthyle :

Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans la **figure 22** (équation :  $Y = 5,2327x + 44,416$  avec  $R^2 = 0,9943$ ).

Nous remarquons que la fraction d'acétate éthyle présente un pouvoir antiradicalaire légèrement meilleur par rapport à l'extrait brut, avec un pourcentage d'inhibition 96,76% à la concentration de 10 µg/ml.

## Résultats et discussion

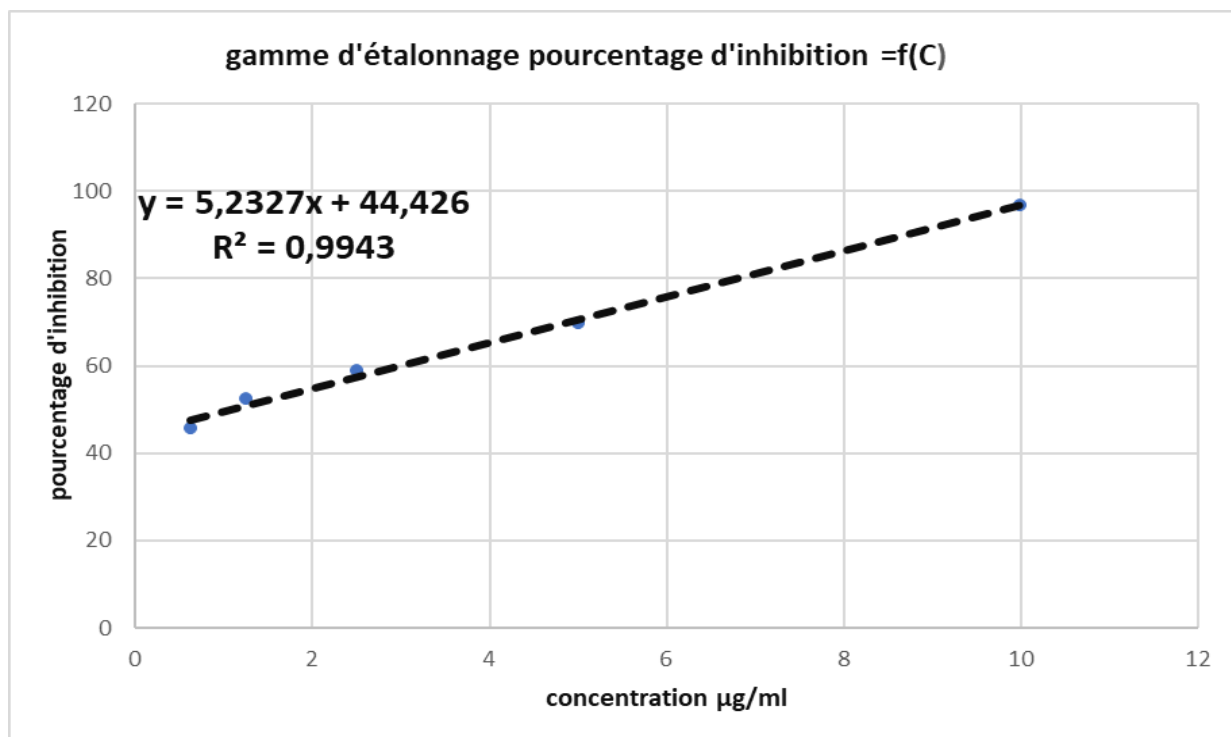


Figure 22 : : Piégeage du radical DPPH par la fraction d'acétate d'éthyle

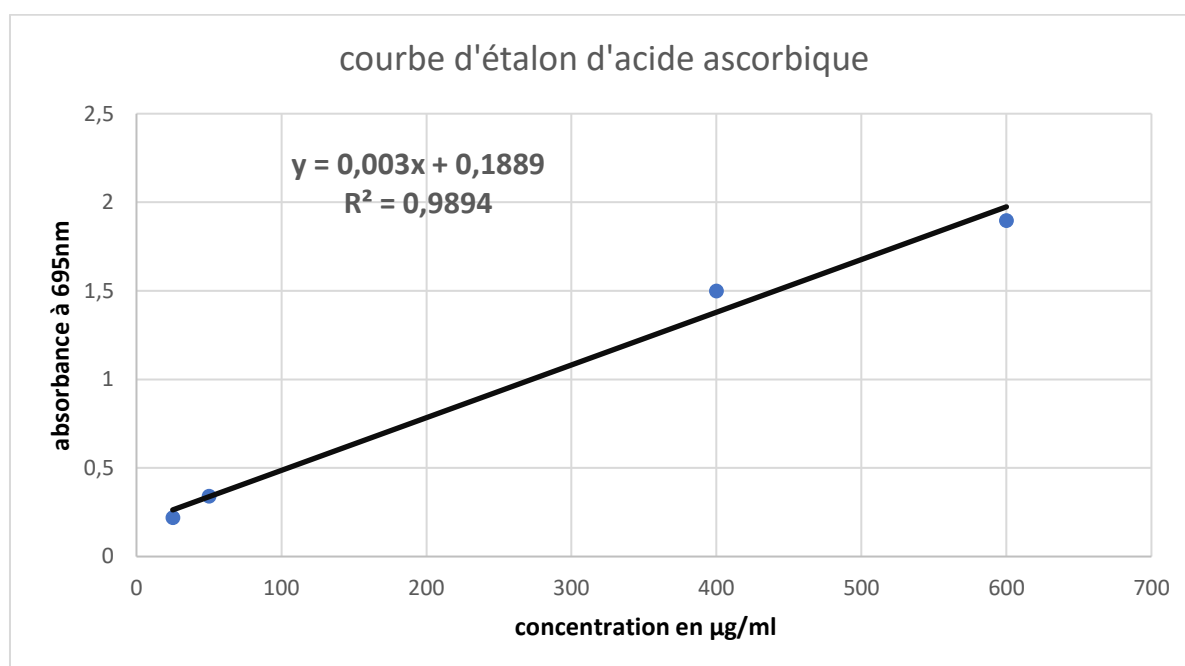
- La concentration inhibitrice 50% (CI<sub>50</sub>), est la concentration nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux DPPH. Plus la valeur de la CI<sub>50</sub> est **faible**, plus la molécule testée est capable de piéger les radicaux DPPH, c'est-à-dire, une activité **antioxydante plus élevée** (Olugbami et al., 2014).
- Nous avons calculé les CI<sub>50</sub> de nos échantillons, en utilisant les courbes de régression linéaires précédentes. Les résultats obtenus montrent que la fraction d'acétate d'éthyle présente la plus forte activité antioxydante, avec une concentration inhibitrice (CI<sub>50</sub>=1,06 ± 0,04 µg/ml), suivi de l'acide ascorbique, molécule de référence (CI<sub>50</sub> = 1,91 ± 0,09µg/ml), tandis que l'extrait hydro-éthanolique brut affiche une (CI<sub>50</sub> = 2,53 ± 0.1µg/ml). La fraction d'acétate d'éthyle se révèle la plus efficace pour neutraliser les radicaux libres.
- Selon les résultats de (Oldache et al., 2023), ont obtenu une valeur de CI<sub>50</sub> de l'extrait hydro-éthanolique de l'ordre de 857,78 (mg/ml), une très faible activité antioxydante.
- Une étude réalisée sur les feuilles de *Rosmarinus officinalis* L, montre que la fraction d'acétate d'éthyle (CI<sub>50</sub> = 103,86±3,5µg/ml) a une faible activité antioxydante par rapport à nos résultats (Fadili et al., 2015).

## Résultats et discussion

D'après nos résultats, nous remarquons que l'activité antioxydante varie selon la méthode d'extraction et le type de solvant utilisé, ainsi que le lieu de la récolte qui peut influencer sur les résultats.

### 6. Résultats de la Capacité antioxydante totale (CAT) :

Les résultats de la capacité antioxydante totale, de l'acide ascorbique et des extraits bruts hydro-éthanoliques et la fraction d'acétate d'éthyle sont représentés dans la courbe ci-dessus de la **figure 23**.



**Figure 23** : Capacité antioxydante totale (CAT) des extraits de *Rosmarinus officinalis* L.

- D'après les résultats obtenus, la fraction d'acétate éthyle des feuilles de *Rosmarinus officinalis* montre une forte capacité antioxydante par rapport à l'extrait hydro-éthanolique ( $155,277 \pm 0,082$  µg eq acide ascorbique /mg d'extrait) et ( $129,72 \pm 0,0049$  µg eq acide ascorbique /mg d'extrait), respectivement.
- Selon les différents résultats obtenus dans notre étude, nous avons remarqué que le choix de la méthode, ainsi que les solvants d'extraction sont importants pour extraire les composés bioactifs.
- Nous avons choisi le système de solvant eau/éthanol aux proportions (30/70) (v/v), pour extraire les composés phénoliques. Les résultats de cet extrait brut montrent une quantité des composés phénoliques et une activité antioxydante intéressante.

## Résultats et discussion

---

- Par la suite, nous avons effectué un fractionnement liquide-liquide de la phase aqueuse de l'extrait avec l'acétate d'éthyle. Ce dernier permet d'extraire les flavonoïdes plus spécifiquement. Selon les résultats obtenus, la fraction a montré des quantités importantes en composés phénoliques et en flavonoïdes pour la fraction d'acétate d'éthyle par rapport à l'extrait brut.
- De plus, la fraction a exhibé une meilleure activité antioxydante, ce qui pourrait nous suggérer que les composés phénoliques, et plus spécifiquement, les flavonoïdes, exerceraient cet effet antioxydant.

### 7. Evaluation de la pommade :

Dans cette partie de notre mémoire, nous avons essayé de préparer une formulation d'une pommade topique avec une méthode traditionnelle, et qui pourrait avoir des effets anti-inflammatoires et anti-douleur.

La pommade a été préparé à partir des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L.

Nous avons observé la couleur, l'odeur et l'aspect obtenus qui sont montré dans le **tableau 6**.

**Tableau 06** : Résultats des paramètres organoleptiques de la pommade.

La couleur	L'aspect	L'odeur
Marron (clair)	Semi- solide	Odeur spécifique

Concernant le bienfait de la pommade topique, nous l'avons testé sur un nombre restreint de personnes pour connaître ses effets anti- douleur :

Alors, cette formule obtenue pourrait avoir les effets suivants :

- ✓ Elle soulage les douleurs musculaires et articulaires ;
- ✓ Elle aide à détendre les muscles fatigués ou tendus ;
- ✓ Elle stimule la circulation sanguine locale ;
- ✓ Elle convient en cas de rhumatismes, courbatures ou entorses légères.

**Conclusion**

## Conclusion

---

Depuis l'antiquité, les plantes font partie de la vie humaine, dans leur nourriture et leur usage thérapeutique. De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales, parmi lesquelles *Rosmarinus officinalis* L, trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, pharmacie, cosmétique et l'alimentaire. Ces plantes médicinales restent toujours une source importante des substances bioactives connus pour leurs propriétés thérapeutiques.

Dans notre étude, nous avons préparé des extraits à partir des feuilles de *Rosmarinus officinalis*. Nous avons réalisé une étude phytochimique et une évaluation de l'activité antioxydante de ces extraits.

L'analyse phytochimique (qualitative) a révélé la présence des composés bioactifs, notamment des polyphénols, dont les flavonoïdes, les tanins, les quinones libres, et les coumarines.

Le dosage quantitatif des polyphénols et des flavonoïdes a révélé une concentration notable de ces métabolites secondaires, reconnus pour leur propriétés antioxydantes. L'évaluation de l'activité antioxydante par le piégeage du radical DPPH a montré une capacité importante de piégeage des radicaux libres, suggérant que les extraits de *Rosmarinus officinalis* L possèdent un pouvoir antioxydant.

Les résultats obtenus soutiennent l'hypothèse selon laquelle cette plante pourrait constituer une source naturelle d'antioxydants, avec des applications potentielles dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire ou cosmétique.

Pour approfondir ce travail :

Il serait intéressant d'élargir l'évaluation du pouvoir antioxydant en utilisant d'autres méthodes, telles que les tests de FRAP, ABTS ;

Ces techniques complémentaires permettraient d'obtenir une caractérisation plus précise de l'activité antioxydante des extraits ;

Il serait également pertinent d'étudier d'autres activités biologiques des extraits de *Rosmarinus officinalis* L, notamment leurs effets antimicrobiens, anti-inflammatoires, ... ;

Evaluation de l'activité antioxydante des autres parties de la plante (fleurs, racine, tige.....) ;

## Conclusion

---

---

Utiliser des méthodes d'extraction différents (sous-reflux, ...), ainsi que des solvants de polarité différent.

Pour la pommade, il faudrait davantage d'études expérimentaux à réaliser :

- ✓ La détermination des paramètres physico-chimiques de la pommade (pH stabilité, viscosité...);
- ✓ La réalisation des tests de toxicité de l'efficacité de la pommade *in vivo* ;
- ✓ La formulation de la pommade devrait être testée pour ses effets antiinflammatoires *in vitro* et *in vivo* ;
- ✓ La formulation d'autres pommades pour chercher une formule stable, dans les normes, et ayant des effets antiinflammatoires.

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- Addab, N., Fetni, S., Hamlaou, F., Zerguine, A., & Mahloul, K. (2020). Evaluation comparative de l'activité anti-oxydant des extraits éthanoliques des feuilles d'*Olea europaea* L. de l'Est Algérien. *Journal de la Faculté de Médecine d'Ora*, 579-584.
- Amroune, S. (2018). *Phytothérapie et plantes médicinales*. Mémoire de master. Université des frères mentouri constantine.
- Athamena, S., Laroui, S., & Athamena, M. (2014). Phenolic Composition, Antimicrobial Activity of *Rosmarinus officinalis*. *Sciences & Technologie*, 16-26.
- Aourousseau, B. (2002). Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage : conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits. *INRA Prod. Anim*, 1, 67-82.
- Bahri, R., Boussag, C., & Djezare, R. (2022). Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits de *Marrubium vulgare*. (Mémoire de fin d'étude). Mohaled Boudiaf- M'Sila.
- Begum, A., Sandhya, S., Shaffath Ali, S., Vinod, K. R., Reddy, S., & Banji, D. (2013). An in-depth review on the medicinal flora *rosmarinus officinalis* (lamiaceae). *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 12, 61-73.
- Benattouche, Z., Bouhadi, D., & Alioui, A. (2024). Phytochemical screening, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Rosmarinus officinalis* medicinal plant from Algeria. *Health Review*, 7(9), 01-17. DOI :[10.34119/bjhrv7n9-337](https://doi.org/10.34119/bjhrv7n9-337)
- Brewer, M. S. (2011). Natural Antioxidants : Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10, 221-247.
- Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3ème édition. france.
- Chen, Q., Edwin, J., Moghaddas, S., & Charles, L. (2003). Production of Reactive Oxygen Species by Mitochondria. *BIOLOGICAL CHEMISTRY*, 36027–36031.
- Chroho, M., Drioiche, A., Saidi, S., Zair, T., & Bouissane, L. (2021). Total phenolic and flavonoids contents and in vitro evaluation of antioxidant activity of several *Calendula officinalis* (Marigold) extracts. *Biological Research*, 94(1).

## Références bibliographiques

---

- Davezies, P. (2017), « Souffrance au travail et enjeux de santé : le rôle charnière de l'inflammation et du stress oxydant », Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé En ligne. Open edition, 19-1.
- De Oliveira, J. R., Esteves, S., & de Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *biomedical science*, 26(1), 5.
- Dhouibi, N., Manuguerra, S., Arena, R., Messina, C. M., Santulli, A., Kacem, S., . . . Mahdhi, A. (2023). Impact of the Extraction Method on the Chemical Composition and Antioxidant Potency of *Rosmarinus officinalis* L. Extracts. *metabolites*, 290. Doi : 10.1684/met.2018.0682.
- Fadili, K., Amalich, S., N'dedianhoua, S., Bouachrine, M., Mahjoubi, M., El Hilali, F., & Zair, T. (2015). Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc : *Rosmarinus Officinalis* et *Thymus Satureioides*. *Innovation and Scientific Research*, 17(1), 24-33.
- Flieger, J., Flieger, W., Baj, J., & Maciejewski, R. (2021). Antioxidants : Classification, Natural Sources, Activity/Capacity Measurements, and Usefulness for the Synthesis of Nanoparticles. *materials*, 4135.
- Ghouti, M. H. (2019). Simulation du pouvoir antioxydant de deux anticancéreux de la famille des antimétabolites.
- Gonçalves, C., Fernandes, D., Silva, I., Mateus, V. (2022). Potential Anti-Inflammatory Effect of *Rosmarinus officinalis* in Preclinical In Vivo Models of Inflammation. *Molecules*, 18, 27 (3) : 609.
- Haddouchi , F., Chaouche, T., & Halla, N. (2016). Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*, S254-S262. Doi : 10.1007/s10298-016-1086-8
- Hamma, S. (2019). Rôle du stress oxydatif dans le cancer de la prostate. *Algérien de médecine*, 2.
- Hamma, S., Nouri, N., Fergani, I., Lekhal, A., Cheriet, S., Abadi, N., Benlatreche, C. (2015). Biologie des Espèces réactives et stress oxydant. *Algérien de médecine*, 2.

## Références bibliographiques

---

- Hannache, B., bazin, D., Boutefnouchet, A., & Daudond, M. (2012). Effet des extraits de plantes médicinales sur la dissolution des calculs rénaux de cystine in vitro : étude à l'échelle mésoscopique. *Progrès en urologie*, 22, 577-582.
- Harborne, J. B. (1998). *Textbook of Phytochemical Methods. A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Chapman and Hall Ltd. london : 3rd. Edition.
- Jonatas, R., Camargo, S., & de Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Biomedical Science*, 26.
- Kosmopoulou, K., Lafara, M.-P., Adamantidi, T., Grabrucker, A., & Tsoupras, A. (2024). Neuroprotective Benefits of *Rosmarinus officinalis* and Its Bioactives against Alzheimer's and Parkinson's Diseases. *Applied Sciences*, 14.
- Lazli, A., Beldi, M., Ghouri, L., & Nouri, N. (2019). Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 88, 22-43.
- Macedo, L., Santos, É., Militão, L., Tundisi, L., Ataide, J., Souto, E., & Mazzola, P. (2020). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L., syn *Salvia rosmarinus* Spenn) and Its Topical Applications:A Review. *Plants*, 651.
- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., & D'Alessandro, A. G. (2022). Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *oxygen*, 2, 48–78.
- Mena, P., Cirlini, M., Tassotti, M., & Herrlinger, K. (2016). Phytochemical Profiling of Flavonoids, Phenolic Acids, Terpenoids, and Volatile Fraction of a Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Extract. *Molécules*, 1576.
- Migdal, C., & Serres, M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *médecine/science*, 24(4), 405-412.
- Oldache, F., Djeraba, S., & Bourkaib, S. (2023). Formulation de comprimés orodispersibles à base des extraits de *Vitis vinefera*. L et de *Rosmarinus officinalis*. L à visée anti-inflammatoire. *pharmacy*, 5(3), 28-39.
- Olugbami, J., Gbadegesin, M., & Odunola, O. (2014). In vitro evaluation of The antioxidant potential, phenolic and flavonoid contents of the stem bark ethanol extract

## Références bibliographiques

---

- of *Anogeissus leiocarpus*. African journal of medicine and medical sciences, 43(1), 101-109.
- Oualdi, I., Brahmi, F., Mokhtari, O., Abdellaoui, S., Tahani, A., & Oussaid, A. (2021). *Rosmarinus officinalis* from Morocco, Italy and France : Insight into chemical compositions and biological properties. *Materials Today : Proceedings*, 7706–7710.
  - Pawłowska, K., Janda, K., & Jakubczyk, K. (2020). Properties and use of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Pomeranian Journal of Life Sciences*, 66.
  - Ribéreau-Gayon, P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. 254.
  - Rolland, Y. (2004). Antioxydants naturels végétaux. *Corps gras, Lipides*, 6(11), 419-424.
  - SailajI, R., Sireesha, K., Yerramilli, A., & Mamidi, a. (2011). Free Radicals and Tissue Damage : Role of Antioxidants. *Open Access*, 1, 4.
  - Saouli, S., & Abdennebi, B. (2020). Contribution à l'étude des caractéristiques phytochimiques de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis* L. mémoire de master, 14. des sciences de la nature et de la vie.
  - Vermerris, W, & Nicholson, R. (2006). Isolation and identification of phenolic compounds, phenolic compound biochemistry. Dordrecht : Springer. Science & Business Media.
  - Zbad, R., Mohti, H., & Moussaoui, F. (2018). Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Medecine Therapeutique*, 24, 2.
  - Zhishen, J, Mengcheng, T, & JianMing, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *food chemistry*.