

Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem

Faculté Des Sciences Naturelles Et De La Vie

Département Des Sciences Alimentaires

Mémoire De Fin D'étude

En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master

Spécialité : Nutrition Et Pathologie

Thème :

**Evaluation de L'activité Antioxydante Et Antimicrobienne
Du Romarin Sec**

Encadrant	Examineur	Président
Dr BOUZIANE Nabil. MCB	M Dr BELGUENDOUZE Abdenour. MCA	Mme Dr BOUKAZOULA Nawel. MCA

- **Préparées par :**
- Benkabouche Aouicha
- Dahmoune Rabab

Année Universitaire : 2025-2026

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions **Allah SWT** de nous avoir donné la force, le courage et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **notre encadreur (Monsieur Bouziane)**, pour son accompagnement, ses conseils précieux, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous adressons également nos remerciements à tous **les enseignants du département**, pour la qualité de leur formation et les connaissances qu'ils nous ont transmises durant notre parcours universitaire.*

*Nous remercions aussi **les membres du jury** d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

Nos remerciements vont également au personnel du laboratoire pour leur aide et leur accueil.

*Enfin, nous remercions **nos familles, nos proches** ainsi que toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.*

DEDICACE

*Je veux dédier ce travail à **ma super maman**, qui m'a toujours épaulé au max.*

Elle a été super courageuse, super patiente et elle a fait des sacrifices énormes.

Du coup, elle était là à chaque étape de ma vie, et elle m'a filé tout ce dont j'avais besoin pour avancer., Je pourrais parler des heures et des heures sans jamais trouver les mots justes pour exprimer à quel point je suis reconnaissant et amoureux d'elle.

*À **mon papa**, qu'**Allah** lui accorde sa miséricorde et l'accueille dans son vaste paradis. Tu sais, même si on n'a pas passé beaucoup de temps ensemble, je n'oublierai jamais ce qu'on a vécu*

*À **mon oncle (khali)**, qui était comme la colle qui maintenait notre famille unie.*

Il me traitait comme sa propre fille, il m'a toujours soutenue depuis mon enfance, et il a été un père pour moi. Je lui serai toujours reconnaissante et je n'oublierai jamais tout ce qu'il a fait pour moi.

*Pour **ma grand-mère**, tous **mes oncles et toutes mes tantes**, pour tout l'amour, le soutien et l'encouragement.*

*À mon binôme **Rabab**, avec qui j'ai partagé ce travail, les efforts, le stress, mais aussi de nombreux souvenirs.*

*À **ma meilleure pote**, pour être toujours là, pour m'écouter et me soutenir, je te remercie.*

Enfin, je dédie ce travail à moi-même, pour avoir été patient, pour avoir persévéré et pour tous les efforts fournis pour arriver jusqu'ici.

BENKABOUCHE AOUICHA

DEDICACE

Je veux dédier ce mémoire à toutes les personnes qui ont été ma lumière dans les moments les plus durs...

À ma mère et à mon père,

Pour tous les sacrifices qu'ils ont faits sans rien dire, pour chaque fois qu'ils m'ont encouragée, pour toutes les prières et tous les efforts qu'ils ont faits pour que je réussisse.

Si aujourd'hui j'en suis là, c'est surtout grâce à vous.

À mes frères et sœurs,

Vous êtes vraiment au top ! Vous m'avez toujours donné la pêche, vous m'avez toujours boosté quand je pensais que j'en pouvais plus. Vous m'avez toujours épaulé, merci !

*À **ma super copine Khadidja**, avec qui j'ai vécu un sacré bout de temps, des moments de dingue, mais aussi des galères et des doutes. Mais on a aussi eu nos réussites et nos fiertés, n'est-ce pas ?*

Merci d'avoir été là pendant toute cette aventure.

*Et puis, je veux aussi dédier ce travail **à moi-même** qui a traversé des périodes difficiles sans jamais abandonner.*

Quand t'es crevé, que t'as des doutes, que tu te bats tout seul sans que personne s'en rende compte, et que tu fais tout ce que tu peux sans que personne le sache.

Ce mémoire, ce n'est pas juste un travail académique. C'est la preuve que si t'as de la patience, de la force et de la volonté, tu peux réaliser des prodiges.

DAHMOUNE RABAB

Résumé

Les plantes médicinales représentent une source importante de composés bioactifs, notamment les polyphénols, responsables de diverses activités biologiques telles que l'activité antioxydante et antimicrobienne. Dans ce travail, nous avons étudié l'extrait éthanolique de *Rosmarinus officinalis* (romarin).

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la capacité antioxydante de l'extrait vis-à-vis des radicaux libres **DPPH**, ainsi que de déterminer sa concentration inhibitrice **IC50**. L'activité antioxydante a été complétée par le dosage des polyphénols totaux (**TPC**) selon la méthode de Folin–Ciocalteu, en utilisant l'acide gallique comme standard, et comparée à l'acide ascorbique comme antioxydant de référence.

Par ailleurs, l'activité antimicrobienne a été évaluée par la méthode de diffusion en puits sur gélose Mueller-Hinton contre deux souches bactériennes : *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait de romarin présente une activité antioxydante significative, traduite par une inhibition des radicaux libres DPPH et une valeur IC50 intéressante, ainsi qu'une activité antimicrobienne notable. Ces résultats confirment la richesse du romarin en composés phénoliques et son potentiel en tant que source naturelle à usage pharmaceutique, alimentaire et cosmétique.

Mots clés : *Rosmarinus Officinalis* L - Plantes Médicinales – polyphénols - Antioxydant - Activité Antimicrobienne - DPPH

Abstract :

Medicinal plants are an important source of bioactive compounds, particularly polyphenols, which are responsible for many biological activities such as antioxidant and antimicrobial effects. In this study, the ethanolic extract of *Rosmarinus officinalis* (rosemary) was investigated.

The main objective was to evaluate the antioxidant capacity of the extract against **DPPH** free radicals and to determine its **IC50** value. Antioxidant activity was further supported by the determination of total phenolic content (**TPC**) using the Folin–Ciocalteu method, with gallic acid as a standard, and compared with ascorbic acid as a reference antioxidant.

In addition, antimicrobial activity was assessed using the agar well diffusion method on Mueller-Hinton agar against two bacterial strains : *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

The results showed that rosemary extract exhibits significant antioxidant activity, reflected by DPPH radical scavenging and an interesting IC50 value, along with notable antimicrobial activity. These findings highlight rosemary as a rich source of phenolic compounds with potential applications in pharmaceutical, food, and cosmetic industries.

Key Words : Rosmarinus Officinalis L – Medicinals Plants - polyphenols - Antioxidant – Antimicrobial Activity - DPPH

ملخص

تُعد النباتات الطبية مصدراً مهماً للمركبات النشطة بيولوجياً، وخاصة البوليفينولات، التي تلعب دوراً أساسياً في العديد من الأنشطة البيولوجية مثل النشاط المضاد للأكسدة والنشاط المضاد للميكروبات. في هذه الدراسة، تم تقييم مستخلص إكليل الجبل (المستخلص بالإيثانول. *Rosmarinus officinalis* الجبل)

IC50، وتحديد قيمة DPPH تمثل الهدف الرئيسي في دراسة القدرة المضادة للأكسدة للمستخلص ضد الجذور الحرة ، مع (Folin–Ciocalteu) باستعمال طريقة TPC الخاصة به. كما تم دعم هذه الدراسة بقياس محتوى الفينولات الكلية (اعتماد حمض الغاليك كمعيار، ومقارنة النشاط المضاد للأكسدة بحمض الأسكوربيك كمضاد أكسدة مرجعي.

Mueller-Hinton بالإضافة إلى ذلك، تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات باستعمال طريقة الانتشار في الآبار على وسط *Escherichia coli* و *Staphylococcus aureus* ضد سلالتين بكتيريتين هما:

DPPH أظهرت النتائج أن مستخلص إكليل الجبل يمتلك نشاطاً مضاداً للأكسدة مع قدرة واضحة على تثبيط الجذور الحرة معتبرة، إضافة إلى نشاط مضاد للميكروبات. تؤكد هذه النتائج غنى النبات بالمركبات الفينولية وإمكانية IC50 وقيمة استغلاله في مجالات صيدلانية وغذائية وتجميلية

-الكلمات المفتاحية اكليل الجبل – النباتات الطبية – متعددات الفينول – مضادات الاكسدة –
النشاط المضاد للميكروبات - اختبار DPPH

Liste Des Figures :

Figure 1 : photo reel de rosmarinus officinalis l. (photo prise le 08 /04/2026)	18
figure 2 : morphologie botanique de rosmarinus officinalis l. (medizinal-pflanzen, 1897) ..	19
figure 3 : structure chimique des certains metabolites secondaires de rosmarinus officinalis : le carnosol (a), l'acide carnosique (b), l'acide rosmarinique (c), l'acide ursolique (d), l'acide oleanolique (e), et l'acides micromerique (f). (macedo et al., 2020).....	23
figure 4 : structure chimique des flavonoïdes (e. Et al., 2015)	24
figure 5 : voies de biosynthese des principaux groupes de composes phenoliques (ryan et al., 1999).....	25
figure 6 : structure chimique d'acide rosmarinique (charoensin & dansakda, 2023)	25
figure 7 : antioxydant neutraliser un radical libre.....	27
figure 8 : photo originale du romarin recolte le 25 /02/2026.....	30
figure 13 :photographies des boites petri montrant les zones d'inhibition observees pour escherichia coli et staphylococcus aureus	49
figure 9 : courbe d'etalonnage d'acide gallique.....	51
figure 10 : courbe d'extrait de romarin (echantillon)	51
figure 11 : courbe de standard acide ascorbique.....	52
figure 12 : courbe d'inhibition d'extrait de romarin evalue par le test dpph	52

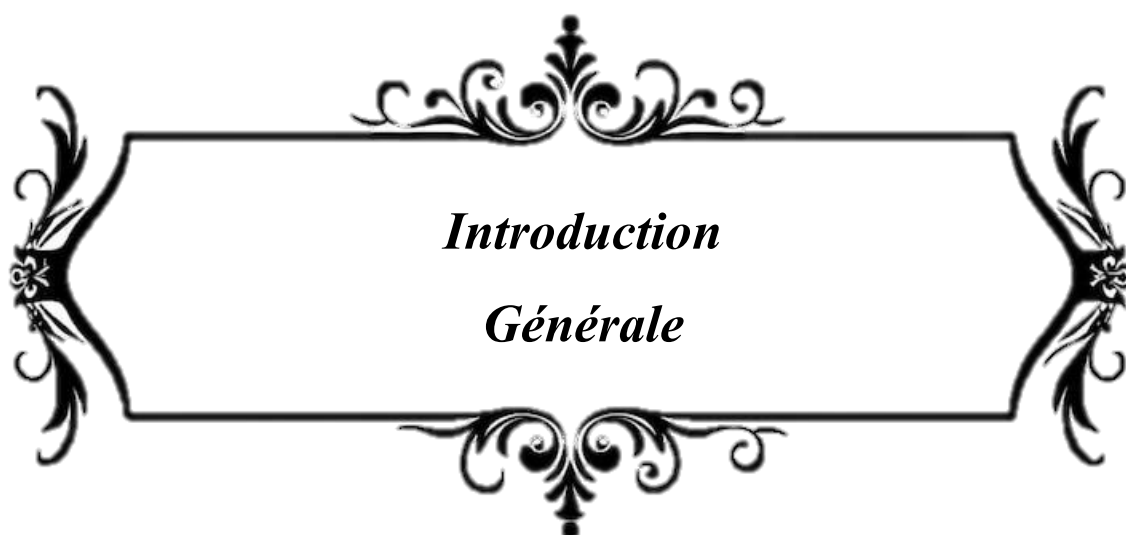
Liste Des Tableau

Tableau 1 : donnees experimentales du courbe d'etalonnage de l'acide gallique	39
tableau 2 : valeurs de l'absorbance de l'extrait de romarin en fonction des dilutions	38
tableau 3 : effet de l'extrait ethanolique de romarin sur l'inhibition du radical dpph.....	43
tableau 4 : effet de l'acide ascorbique sur l'inhibition du radical dpph	44
tableau 5 : tableau des resultats (activite antimicrobienne) des deux souches utilisees.....	49

SOMMAIRE :

REMERCIEMENTS	2
DEDICACE	3
LISTE DES FIGURES :	8
LISTE DES TABLEAU	9
INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE 1 : LES PLANTES MEDICINALES	15
.1 GENERALITES SUR LES PLANTES MEDICINALES :	15
.2 DEFINITION :	15
.3 IMPORTANCE ET UTILISATION :	15
.4 LES COMPOSES BIOACTIFS :	16
CHAPITRE 2 : LE ROMARIN (ROSMARINUS OFFICINALIS L)	18
.1 DEFINITION ET PRESENTATION :	18
.2 DESCRIPTION BOTANIQUE :	19
.3 LA FAMILLE DE LAMIACEES :	19
.4 CLASSIFICATION :	20
.5 ORIGINE DU NOM :	20
.6 REGIONS DE CULTURE :	21
.7 LE ROMARIN EN ALGERIE : REPARTITION ET USAGES TRADITIONNELS :	21
.8 HISTOIRE :	21
.9 USAGES DU ROMARIN :	22
.9.1 Utilisation culinaire traditionnel du romarin :	22
.9.2 Utilisations thérapeutiques :	22
.10 COMPOSITION CHIMIQUE :	22
.10.1 Les polyphénols :	23
.10.2 Les flavonoïdes :	23
.10.3 Les acides phénoliques :	24
.11 PROPRIETES BIOLOGIQUES :	26
.11.1 Propriété antioxydant :	26
.11.2 Propriété antimicrobienne :	28
CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES	30
.1 MATERIEL VEGETAL :	30
.2 SECHAGE :	30

.3	BROYAGE :	31
.4	PREPARATION DE L'EXTRAIT ETHANOLIQUE :	31
.5	MATERIELS ET REACTIFS :	31
.6	METHODES D'ANALYSE :	32
.6.1	Dosage des polyphénols totaux (méthode Folin-Ciocalteu).....	32
.6.2	Activité antioxydante (DPPH)	33
.6.3	Activité antimicrobienne :	34
.6.4	Souches bactériennes utilisées :.....	35
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION		37
.1	DOSAGE DES POLYPHENOLS TOTAUX :	37
.1.1	Résultats et courbe d'étalonnage d'acide gallique :	37
.1.2	Résultats et courbe de l'extrait de romarin.....	38
.1.3	Détermination de la concentration en équivalent acide gallique :.....	39
.1.4	Discussion :	40
.2	ÉVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE PAR LE TEST DU DPPH :	42
.2.1	Résultats expérimentaux de l'extrait éthanolique de romarin :	42
.2.2	Résultats expérimentaux de l'acide ascorbique (témoin positif) :	43
.2.3	Détermination de la concentration inhibitrice à 50% (IC50) :	45
.2.4	Discussion :	46
.3	EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIMICROBIENNE :	47
•	ACTIVITE SUR ESCHERICHIA COLIS (GRAM -).....	47
•	ACTIVITE SUR STAPHYLOCOCCUS AUREUS (GRAM +).....	47
.3.1	Discussion :	48
CONCLUSION GENERALE		50
ANNEXE		51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :		52



Introduction

Générale

Introduction Générale

Les plantes médicinales occupent depuis des siècles une place importante dans la médecine traditionnelle. Elles sont largement utilisées dans le monde entier grâce à leurs propriétés thérapeutiques et à leurs effets bénéfiques sur la santé. Aujourd'hui, la popularité de ces plantes s'accroît en raison de composés bioactifs possédant de multiples activités biologiques et présentant un fort potentiel dans les applications pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques.

Parmi elles, le romarin (*Salvia rosmarinus*), autrefois *Rosmarinus officinalis*, est une plante aromatique de la famille des Lamiacées, originaire du bassin méditerranéen. Il est couramment utilisé en médecine traditionnelle et également utilisé régulièrement dans l'industrie alimentaire et dans les cosmétiques. Le romarin est particulièrement célèbre pour sa richesse en composés bioactifs, notamment en composés phénoliques, flavonoïdes et huiles essentielles, qui contribuent à une variété de fonctionnalités biologiques.

Cette plante est également intéressante de par son activité antioxydante, liée à l'élimination des radicaux libres à l'origine du stress oxydatif, ainsi que par son action antimicrobienne, puisqu'elle inhibe la croissance de divers microorganismes pathogènes.

Dans cette perspective, notre étude se concentre principalement sur l'analyse de l'activité antioxydante et antimicrobienne du romarin (*Rosmarinus officinalis*) séché. Les tests antioxydants ont été réalisés par la méthode DPPH et les tests antimicrobiens par la méthode de diffusion sur gélose en puits sur les souches *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*.

Chapitre 1 :
Les Plantes Médicinales

.1 Généralités sur les plantes médicinales :

Les êtres humains ont toujours, depuis des âges, eu recours à la Nature pour satisfaire les besoins fondamentaux. Cette dépendance s'est traduite par l'utilisation de ses matières premières à des fins médicinales, d'habitation, d'alimentation, de parfums et de vêtements, de substances aromatiques et de moyens de transport. Les plantes médicinales continuent d'occuper une place importante dans les services de santé dans de nombreux pays. La prévalence de cette tendance est plus marquée dans les pays en développement, en particulier là où des remèdes à base de plantes ont été utilisés pendant longtemps. Dans les pays plus développés et dans les pays en développement, il y a eu un développement significatif dans l'identification des plantes médicinales et le soutien financier. **(Dar et al., 2017)**

.2 Définition :

La plante médicinale est toute espèce végétale qui possède un ou plusieurs de ses organes des composés utilisables à des fins thérapeutiques, ou qui sont des indicateurs pour la production de médicaments bénéfiques. Cette explication aide à faire la différenciation entre les plantes médicinales auxquelles les propriétés pharmaceutiques et les constituants ont été scientifiquement prouvés, et celles qui sont reconnues comme médicinales mais qui n'ont pas encore subi une étude scientifique approfondie. **(Sofowora et al., 2013)**

.3 Importance Et Utilisation :

Dans le cadre de la médecine traditionnelle, l'utilisation des plantes médicinales s'inscrit dans une démarche thérapeutique naturelle visant à produire des effets curatifs. Ces végétaux sont principalement employés pour la prévention des pathologies cardiovasculaires, le traitement des inflammations et la réduction du risque de cancer. En outre, le secteur pharmaceutique manifeste un intérêt croissant pour les plantes médicinales, en raison de la présence potentielle de composés chimiques utilisés comme agents de synthèse pour la fabrication de médicaments. Par ailleurs, leur utilisation en tant qu'additifs

Chapitre 1 : Les Plantes Médicinales

Dans les secteurs de l'alimentation et de la cosmétique est due à leurs propriétés conservatrices, attribuables à la présence d'antioxydants et de substances antimicrobiens.

Les plantes médicinales couramment utilisées et internationalement reconnues pour leurs propriétés antioxydantes appartiennent à différentes familles botaniques, notamment la famille des Lamiacées (incluant romarin, sauge, origan, marjolaine, basilic, thym, menthes et mélisse), le groupe des Apiaceae (incluant cumin, fenouil et carvi) aussi bien que le groupe des Zingibéracées (incluant curcuma et gingembre).

Il convient de mentionner les familles botaniques suivantes : la famille des Lamiacées, qui inclut des espèces telles que le romarin, la sauge, l'origan, la marjolaine, le basilic, le thym, les menthes et la mélisse ; la famille des Apiacées, qui comprend des plantes comme le cumin, le fenouil et le carvi ; et la famille des Zingibéracées : le curcuma et le gingembre. (Škrovánková et al., 2012)

.4 Les Composés Bioactifs :

Les végétaux utilisés à des fins thérapeutiques sont caractérisés par la présence de plusieurs composants d'origine végétale, qui sont communément désignés sous les termes de « phytoconstituants ». Ces substances, naturellement produites par les plantes, jouent un rôle essentiel dans leur capacité à se protéger contre les agressions environnementales, les herbivores et les microbes.

Ces composés possèdent de multiples applications dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique et alimentaire, notamment en tant qu'arômes, conservateurs ou enzymes. Ils sont localisés dans diverses parties de la plante et peuvent être extraits par plusieurs méthodes.

Il est important de noter que ces composés se caractérisent par une grande diversité chimique et une forte activité biologique. Ils interagissent avec plusieurs cibles biologiques, ce qui souligne leur complexité et leur interaction avec différents systèmes cellulaires. Cette propriété confère à ces composés un intérêt thérapeutique certain, justifiant leur utilisation dans la composition de nombreux médicaments d'origine naturelle. (Ansari et al., 2025)

Chapitre 2
Le Romarin (Rosmarinus Officinalis L)

Chapitre 2 : Le Romarin (Rosmarinus Officinalis L)

.1 Définition et présentation :

Le *Rosmarinus officinalis* L., plus communément appelé « romarin », est une plante médicinale originaire de la région méditerranéenne et cultivée à l'échelle mondiale. Dans le cadre d'une utilisation à des fins médicales, ce composé chimique est fréquemment employé comme agent de conservation et comme additif alimentaire.

R. Officinalis L. Est caractérisé par la présence de composants bioactifs, désignés sous le terme de « phytocomposés », qui sont à l'origine de diverses activités pharmaceutiques. Celles-ci comprennent des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, antimicrobiennes. Ces activités protectrices, inhibitrices et atténuantes de *R. Officinalis* L sont le résultat de la combinaison et de l'interaction de ces composants bioactifs.

Parmi ces substances, l'acide rosmarinique, le carnosol et l'acide carnosique sont les principaux composés qui confèrent une forte activité antioxydante. (de Oliveira et al., 2019)



Figure 1 : Photo réel de *Rosmarinus Officinalis* L. (photo prise le 08 /04/2026)

.2 Description botanique :

Le plante de romarin est un arbuste annuel à bois aromatique avec des feuilles en forme d'aiguilles constamment odorantes. Il fait partie de la famille de la menthe, les lamiacées. Il déplace de manière horizontale et peut atteindre une hauteur de 2 m. Ces feuilles sont persistantes, mesurant de 2 à 4 cm de long et de 2 à 5 mm de large, elles sont vertes sur le dessus et blanches en dessous, recouvertes d'une dense couche courte. Les différentes variétés de romarin présentent des tailles de feuilles, des habitudes de croissance des branches et des couleurs de fleurs (blanches, roses, violettes ou bleues) distinctes. La diversité botanique des variétés de romarin a conduit à des variations dans le rendement en herbes et en huiles, ainsi que dans les composés chimiques. **(Banjaw et al., 2024)**



Figure 2 : Morphologie botanique de Rosmarinus officinalis L. **(Medizinal-Pflanzen, 1897)**

.3 La famille de lamiacées :

La famille des Lamiacées, aussi appelée la famille de la menthe, est une collection variée et large de plantes à fleurs englobant plus de 7 000 types distribués sur 236 genres. Cette famille

Chapitre 2 : Le Romarin (Rosmarinus Officinalis L)

Botanique se considéra par ses herbes aromatiques, ses arbustes et quelques arbres, dont beaucoup sont réputés pour leurs propriétés culinaires, médicinales et ornementales.

Les plantes de la famille Lamiacées se trouvent à travers le monde entier, avec une majeure concentration dans les localités tempérées et subtropicales, bien que quelques espèces soient également présentes dans les zones tropicales. Une caractéristique distinctive des plantes Lamiacées consiste en la présence de tiges carrées, de feuilles opposées et souvent d'un feuillage aromatique. (Uikey, 2024)

.4 Classification :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Super division : Spermatophyte

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : Rosmarinus L.

Espèce : Rosmarinus officinalis (Begum et al., s. d.)

.5 Origine du nom :

Le terme romarin découvre sa racine dans le latin ros-roris (rosée) et marinus (mer), signifiant « rosée de la mer ». Les Grecs antiques le nommaient aussi 'antos', désignant 'la fleur', ou 'libanotis', dû à son odeur similaire à celle de l'oud.

Il y a près de deux mille ans, la plante aromatique a été lancée dans quelques pays européens comme la Grande-Bretagne, la Grèce et l'Italie, où l'on croyait que le romarin stimulait la vitalité. (Ribeiro-Santos et al., 2015)

Chapitre 2 : Le Romarin (Rosmarinus Officinalis L)

.6 Régions de culture :

L'herbe de romarin, *Rosmarinus officinalis* L., qui appartient à la famille des Lamiacées, se trouve couramment en Europe, Asie et Afrique, notamment dans les zones du bassin méditerranéen où le climat favorise sa croissance. La culture du romarin est souvent pratiquée de manière biologique, vu que la demande croissante à l'échelle mondiale pour des plantes aromatiques et médicinales provenant de l'agriculture bio. Au cours des dernières années, cette plante a attiré l'attention augmentée des chercheurs, des spécialistes de la santé et des secteurs industriels, en raison de sa richesse en composés bioactifs qui pourraient avoir de nombreux effets positifs sur la santé. (Farruggia et al., 2024)

.7 Le romarin en Algérie : répartition et usages traditionnels :

L'Algérie appartient parmi les pays du Nord de l'Afrique possédant une flore dense, dans lesquels les plantes sont fréquemment utilisées en médecine traditionnelle, ajoutant ainsi leur utilisation dans le mode de vie traditionnel. Le romarin, est une plante méditerranéenne cultivée que l'on trouve largement en Algérie, où il est habituellement appelé « Iklil ».

Cette plante est utilisée en tant qu'épice dans la cuisine et pour des usages thérapeutiques, tels que l'amélioration de la digestion et son utilisation comme analgésique pour le soin des rhumes, ainsi que des inflammations respiratoires, gastro-intestinales et hépatiques. En outre, elle est utilisée comme agent antitumoral, antioxydant, anti-inflammatoire et antimicrobien. (Bencharif-Betina et al., 2023)

.8 Histoire :

Depuis les temps anciens, le romarin est l'une des plantes les plus populaires. Les anciens Egyptiens employaient des crèmes et des huiles pour se protéger contre les températures élevées et la chaleur du désert. Parmi les composants de ces produits, on compte le romarin, qui a été inclus aux côtés d'autres extraits botaniques comme la myrrhe, le thym, la marjolaine, la camomille et le cèdre. Des bouquets de romarin ont été déposés dans les sépultures des pharaons égyptiens pour illuminer leur voyage vers l'au-delà. (González-Minero et al., 2020)

.9 Usages du romarin :

.9.1 Utilisation culinaire traditionnel du romarin :

Dans la cuisine méditerranéenne traditionnelle, le romarin détient une place dominante, et ses feuilles sont fréquemment utilisées dans les tisanes. Le goût amer et astringent des feuilles fraîches et séchées se marie bien avec une variété de plats, comme le poisson, la viande, la volaille, les soupes, les ragoûts, les sauces, les vinaigrettes, ainsi que les conserves et les confitures. Lorsque les feuilles de romarin sont brûlées, elles révèlent une odeur unique de moutarde, ce qui les rend fait un choix privilégié pour aromatiser les aliments durant les barbecues.

L'usage du romarin n'est pas seulement à la consommation fraîche, car les feuilles séchées montrent une durée de conservation prolongée et un stockage et un transport plus simples comparé aux feuilles fraîches.(Meziane et al., 2025)

.9.2 Utilisations thérapeutiques :

Romarin, a été employée dans la médecine populaire pour soulager différentes affections notamment les migraines, les règles douloureuses, les douleurs d'estomac, l'épilepsie, les douleurs rhumatismales, les spasmes, l'agitation nerveuse, améliorer la mémoire, calmer l'hystérie et la dépression ainsi que la fatigue physique et mentale. En ce moment, un intérêt scientifique marqué s'est tourné vers les propriétés thérapeutiques bénéfiques de divers extraits de romarin et de ses principaux composants, tels que l'acide carnosique, le carnosol, l'acide rosmarinique, etc. (Ghasemzadeh Rahbardar & Hosseinzadeh, 2020)

.10 Composition chimique :

Romarin renferme entre 1 et 2 % d'huile essentielle, des flavonoïdes (cirsimarine, cirsimaritin et leurs dérivés), environ 8 % de tannins, des diterpènes, des triterpènes (acide ursolique, acide oleanolique), betulinol, α -amireanol, β -amireanol, dérivés de l'abietane), des acides polyphénoliques (acide caféique, acide chlorogénique), des lipides (huile de graine), des acides aminés, des glucides et des sels minéraux. (Bejenaru et al., 2024)

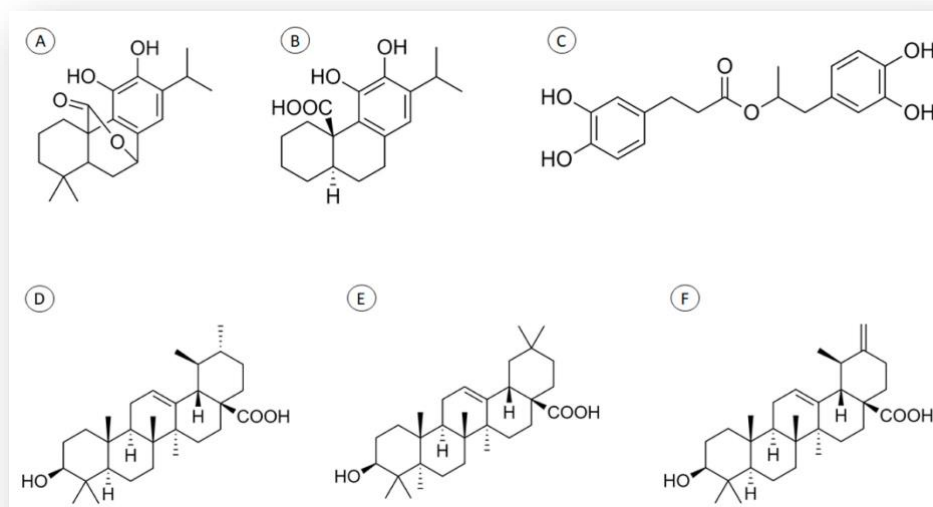


Figure 3: Structure chimique des certains métabolites secondaires de *Rosmarinus officinalis* : le carnosol (A), l'acide carnosique (B), l'acide rosmarinique (C), l'acide ursolique (D), l'acide oléanolique (E), et l'acides micromérique (F). (Macedo et al., 2020)

.10.1 Les polyphénols :

Constituent un ensemble de substances phytochimiques présentant un ou plusieurs cycles aromatiques porteurs d'un ou plusieurs groupes hydroxyles. Ils sont des métabolites secondaires des plantes et sont réparti en molécules flavonoïdes et non-flavonoïdes. (Zhang et al., 2022)

.10.2 Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques largement présents dans les plantes. Ils possèdent un squelette formé de deux cycles aromatiques (A et B) ayant différentes fonctions phénoliques, qui ont connectés par une chaîne de trois atomes de carbone. Ces éléments sont principalement impliqués dans un hétérocycle contenant un atome d'oxygène.

L'apparition de plusieurs phénols donne à ces composés des caractéristiques antioxydantes, selon de la position des phénols et du contexte dans lequel la réaction se déroule.

Les flavonoïdes que l'on retrouve fréquemment dans divers aliments et boissons, sont liés à des effets préventifs contre diverses maladies chroniques, y compris l'athérosclérose (et donc les AVC et coronaropathies qui peuvent en résulter) tout comme les Maladies neurodégénératives, (Stoclet & Schini-Kerth, 2011)

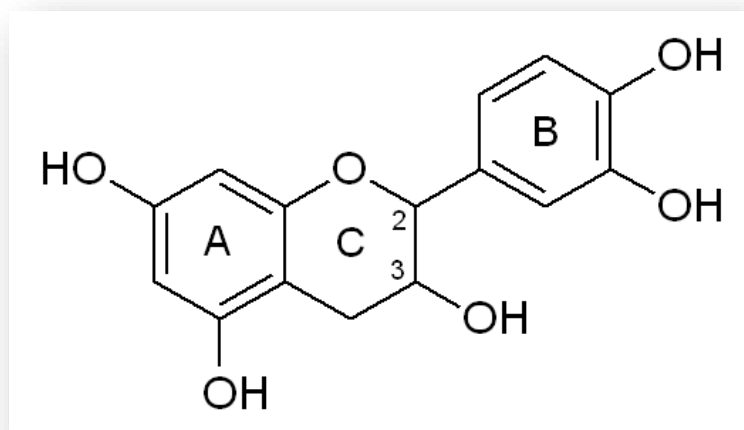


Figure 4 : structure chimique des flavonoïdes (E. et al., 2015)

.10.3 Les acides phénoliques :

Les acides phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux que l'on retrouve de manière extensive dans le règne végétal. (Zamora-Ros et al., 2013)

La biosynthèse de ces composés s'effectue chez les plantes via la voie de l'acide shikimique, un processus essentiel du métabolisme végétal. L'acide shikimique intervient comme intermédiaire clé dans cette voie métabolique, conduisant à la production d'une vaste gamme de composés phénoliques. Ces derniers présentent des propriétés antimicrobiennes, antifongiques et antioxydantes qui contribuent à freiner la propagation et la multiplication des agents pathogènes tout en préservant les cellules végétales des dommages oxydatifs causés par le stress. (Nunes et al., 2025)

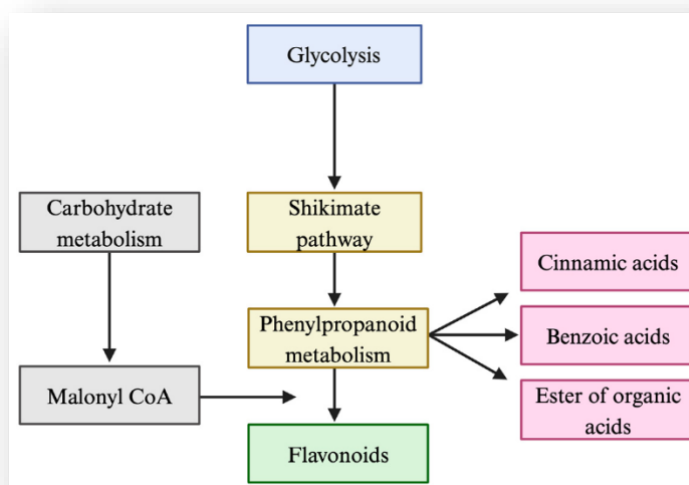


Figure 5 : Voies de biosynthèse des principaux groupes de composés phénoliques (Ryan et al., 1999)

.10.3.1 Acide rosmarinique :

L'acide rosmarinique est un composant phénolique naturel détenant diverses activités biologiques. Il est constitué de deux cycles phénoliques, chaque cycle englobant deux groupes hydroxyle en position ortho. Les deux cycles sont reliés par une double liaison insaturée, un groupe carbonyle et un groupe acide carboxylique. (Elufioye & Habtemariam, 2019)



Figure 6 : Structure chimique d'Acide rosmarinique (Charoensin & Dansakda, 2023)

.11 Propriétés biologiques :

.11.1 Propriété antioxydant :

Le romarin (*Rosmarinus Officinalis L*) est une ressource importante d'antioxydants naturels, surtout grâce à des éléments comme le carnosol et l'acide rosmarinique qui diminuent de façon efficace le stress oxydatif.

Ces composés bioactifs éliminent les radicaux libres, diminuent la peroxydation lipidique et préservent les composants cellulaires des dommages oxydatifs.

Les extraits aqueux antioxydants présentaient la plus grande quantité de tannins, tandis que les extraits méthanoliques ont démontré l'activité la plus forte concernant la neutralisation des radicaux libres.

Il a été mis en évidence que la sélection du solvant joue un rôle crucial pour maximiser l'extraction des antioxydants bioactifs présents dans le romarin, concernant les relations significatives entre les phytochimiques et la capacité antioxydante. (Arajyan et al., 2025)

.11.1.1 Les antioxydants :

Les antioxydants constituent des ensembles de substances qui réduisent les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ERO) au sein de la cellule. (Zehiroglu & Ozturk Sarikaya, 2019)

L'oxydation est une réaction chimique générant des radicaux libres, ce qui peut provoquer des réactions en chaîne à même d'endommager les cellules des êtres vivants.

Des antioxydants, comme les thiols ou l'acide ascorbique (vitamine C), arrêtent ces réactions en chaîne. Pour équilibrer leur état d'oxydation. Les plantes et les animaux entretiennent des systèmes complexes d'antioxydants superposés, notamment le glutathion et les enzymes (comme la catalase et la dismutase de superoxyde), produits en interne, ou les antioxydants alimentaires tels que les vitamines C et E. (Salehi et al., 2018)

.11.1.2 Les radicaux libres :

Les dérivés du métabolisme normal des cellules sont appelés des radicaux libres. Il est capable de reconnaître un radical libre en tant qu'atome ou molécule contenant des électrons non appariés dans la couche de valence ou la couche extérieure, et qui est disposé à vivre de manière indépendante. La présence d'un nombre impair d'électrons dans un radical libre le rend instable,

Chapitre 2 : Le Romarin (*Rosmarinus Officinalis L*)

Éphémère et extrêmement réactif. Grâce à leur grande réactivité, ils ont la capacité de récupérer des électrons d'autres matériaux afin d'obtenir la stabilité. (Phaniendra et al., 2015)

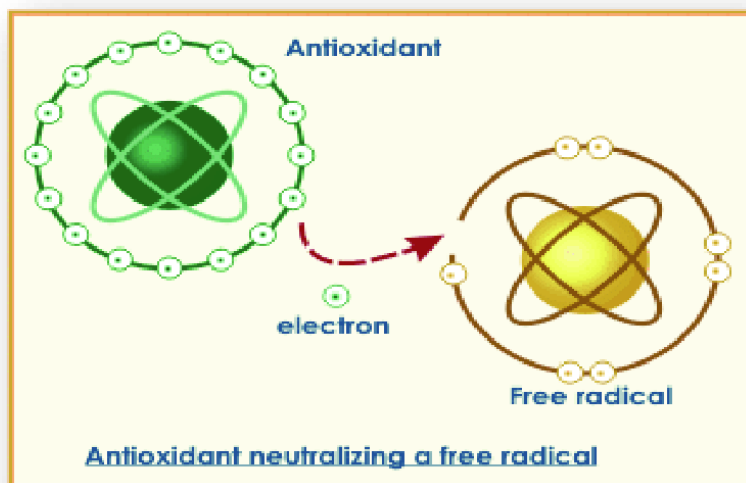


Figure 7 : Antioxydant neutraliser un radical libre

.11.1.3 Le stress oxydatif :

Le stress oxydatif est un processus qui découle d'un déséquilibre entre la génération et l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) au sein des cellules et des tissus, et la capacité d'un organisme vivant à neutraliser ces éléments réactifs. Les ROS peuvent effectivement assumer divers rôles physiologiques (comme la signalisation cellulaire) et sont souvent générés en tant que produits dérivés du métabolisme de l'oxygène.

Toutefois, la production de ROS s'intensifie notablement en réponse aux éléments de stress environnemental (tels que les rayons UV, les radiations ionisantes, les polluants et les métaux lourds) et aux xénobiotiques (comme les traitements contre le cancer), ce qui entraîne un déséquilibre conduisant à des lésions sur les cellules et les tissus (stress oxydatif). (Pizzino et al., 2017)

.11.2 Propriété antimicrobienne :

Les propriétés antimicrobiennes du romarin sont attribuées à sa richesse en composés phénoliques en quinones isoprénoïdes, qui œuvrent en tant qu'intercepteurs de radicaux libres et en tant que chélateurs des espèces réactives de l'oxygène.

Ils inhibent aussi la multiplication de l'*Escherichia coli*, du *Bacillus cereus*, du *Staphylococcus aureus*, du *Clostridium perfringens*, du *Salmonella choleraesuis*, du *Brochothrix thermosphacta* et de l'*Enterobacteriaceae*. (Olivas-Méndez et al., 2022)

Chapitre 3
Matériels et méthodes

Chapitre 3 : Matériels Et Méthodes

.1 Matériel végétal :

Notre travail a été réalisé au niveau de laboratoire de notre faculté Abdelhamid Ibn Badis (Mostaganem).

Les feuilles de la plante romarin (*Rosmarinus officinalis* L) ont été récoltées le 25 février 2026 dans la région d'Ain Tedles Mostaganem. Elles sont utilisées comme matériel végétal pour les différentes analyses de cette étude.



Figure 8 : photo originale du romarin récolté le 25 /02/2026

.2 Séchage :

Après récolte on a commencé le séchage des feuilles le 1 mars 2026, afin de préparer l'extrait de romarin.

Chapitre 3 : Matériels Et Méthodes

Les feuilles de romarin ont été soigneusement lavées à l'eau distillée, puis séchées à l'air libre dans un endroit sec, bien ventilée et à l'abri du rayons directs du soleil jusqu'à ce qu'elles deviennent totalement libres d'humidité. Le but de séchage c'est pour réduire le teneur en eau, d'éliminer l'humidité afin d'éviter le développement microbien, et favorise également à la préservation des composés bioactifs présents dans la plante.

.3 Broyage :

Après 20 jours de séchage, les feuilles de romarin ont été broyées manuellement à l'aide d'un mortier et d'un pilon jusqu'à obtention d'une poudre fine.

Cette étape permet d'augmenter la surface de contact entre la plante et le solvant ce qui optimise l'efficacité de l'extraction.

.4 Préparation de l'extrait éthanolique :

On a pesé 20g de poudre de romarin séché, puis mélangés à 200mL d'éthanol. La mélange à été agité pendant 5 minutes à l'aide d'un agitateur afin d'homogénéiser la solution.

Ensuite, la solution a été conservé dans un flacon sombre pendant 24h, dans l'obscurité. Après macération, le mélange a été filtré à l'aide d'un papier filtre Whatman afin de récupérer l'extrait éthanolique.

.5 Matériels et réactifs :

Les réactifs utilisés dans cette étude sont les suivants :

- **Ethanol** : utilisé comme solvant pour d'extraction des composés bioactifs du romarin.
- **DPPH** (2,2-dophenyl-1-picrylhydrazyle) : utilisé pour l'évaluation de l'activité antioxydante.
- **Folin-Ciocalteu** : utilisé pour dosage des polyphénols totaux.
- **Carbonate d sodium (Na_2CO_3)** : utilisé dans la technique de folin-Ciocalteu.
- **Acide gallique** : standard pour le dosage des polyphénols.
- **Acide ascorbique** : standard pour l'évaluation de l'activité antioxydante.
- **Gélose Mueller-Hinton** : utilisé comme milieu de culture pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne.

- **Souches bactériennes :** *Escherichia coli* (gram -) et *staphylococcus aureus*, utilisées pour l'activité antimicrobienne.

.6 Méthodes d'analyse :

.6.1 Dosage des polyphénols totaux (méthode Folin-Ciocalteu)

- **Principe :**

La méthode de folin-Ciocalteu utilise le réactif de folin pour réduire les composés phénoliques dans un milieu alcalin, ce qui produit une couleur bleu mesurée par spectrophotomètre.

- **Mode opératoire :**

La méthode de Folin-Ciocalteu, disposée par (Singleton & Rossi, 1965). Et reprise par Ali Chaouche, a été utilisée pour déterminer la concentration totale en composés phénoliques. Avec quelques changements.

Avant l'utilisation, le réactif de Folin-Ciocalteu a été dilué dans de l'eau distillée selon un rapport de 1 :10.

Ensuite, une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5 % a été réalisée en dissolvant 7,5 g de Na_2CO_3 dans 100 mL d'eau distillée. Après, 0,5 mL de l'extrait de romarin (qu'il soit pur ou dilué) a été combiné avec 2,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu dilué. Au bout de 5 minutes, on a ajouté 2 mL de la solution de Na_2CO_3 au mélange. Les tubes ont été incubés à l'obscurité et à une température ambiante pendant une durée de 30 à 60 minutes. L'absorbance a été mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, en utilisant un témoin préparé dans les mêmes conditions, sans ajout d'extrait.

L'acide gallique a été utilisé comme standard pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.

On utilise cette formule pour calculer :

$$TPC(mgEAG/g) = \frac{C \times V \times F}{m}$$

C : concentration obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (mg/mL)

V : volume de l'extrait (mL)

F : facteur de dilution

m : masse de l'extrait (g)

.6.2 Activité antioxydante (DPPH)

- **Principe :**

Le test DPPH, qui mesure la capacité d'une substance à éliminer les radicaux DPPH, est basé sur l'utilisation du 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Bien que plusieurs techniques aient été suggérées pour juger de la capacité antioxydante, aucune méthode universelle n'existe. L'essai DPPH est couramment employé en raison de son coût modeste et des résultats rapides qu'il procure. (Kato et al., 2025)

- **Mode opératoire :**

L'activité antioxydante de l'extrait de romarin a été réalisée par la méthode du radical libre DPPH selon (Blois, 1955), avec quelques modifications.

Une solution de DPPH a été préparée dans l'éthanol et conservée à l'abri de la lumière.

L'extrait de romarin a été dilué en différentes concentrations à partir de l'extrait initial.

Pour chaque test, 1mL de solution de DPPH a été mélangé à 1mL de l'extrait à évaluer.

Dans les mêmes conditions, un témoin négatif a été préparé en mélangeant 1mL de solution de DPPH avec 1mL d'éthanol. Les mélanges ont été incubés dans l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante.

La diminution de la couleur violette du DPPH, en présence de composants antioxydants, a été mesurée à 517nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. Le reste des analyses ont été effectuées en triplicat.

Chapitre 3 : Matériels Et Méthodes

L'acide ascorbique a été utilisé en tant que contrôle positif, et a été soumis aux mêmes conditions expérimentales que l'extrait de romarin.

La formule suivante a été utilisée pour calculer le taux d'inhibition du radical DPPH :

$$\%inhibition = \frac{A_{controle} - A_{\text{échantillon}}}{A_{controle}} \times 100$$

.6.3 Activité antimicrobienne :

- **Principe :**

La méthode de diffusion en puits consiste à réaliser des puits dans une gélose préalablementensemencée avec une suspension bactérienne.

L'extrait diffusant à partir des puits se propage dans le milieu et peut inhiber la croissance des bactéries sensibles, ce qui se manifeste par l'apparition de zones d'inhibition autour des puits.

- **Mode opératoire :**

L'activité antimicrobienne des extraits de romarin a été évaluée par la méthode de diffusion en puits sur gélose Mueller-Hinton selon (Manandhar et al., 2019)

La gélose Mueller-Hinton prête à l'emploi a été coulée dans des boîtes de Pétri (18 à 20 mL par boîte), puis laissée à solidifier à température ambiante. Les souches bactériennes utilisées dans cette étude sont *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, fournies par le laboratoire de la faculté.

Une suspension bactérienne a été utilisée pour l'ensemencement des boîtes de Pétri. Celle-ci a été étalée de manière uniforme à la surface de la gélose afin d'obtenir un tapis bactérien homogène.

Pour chaque souche bactérienne, quatre boîtes de Pétri ont été préparées. La première boîte contenait deux puits de 6 mm de diamètre, dans lesquels ont été ajoutées les dilutions de l'extrait éthanolique de romarin (1/2 et 1/4). La deuxième boîte a reçu l'extrait pur. La troisième boîte contenait l'extrait aqueux. La quatrième boîte a été utilisée comme témoin négatif et contenait uniquement de l'éthanol.

Les dilutions 1/2 et 1/4 de l'extrait éthanolique ont été préparées à partir de la solution mère dissoute dans l'éthanol. La dilution 1/2 a été obtenue par mélange de volumes égaux de solution mère et d'éthanol (1 :1), tandis que la dilution 1/4 a été préparée en mélangeant une part de solution mère avec trois parts d'éthanol (1 :3).

Le même protocole expérimental a été appliqué pour les deux souches bactériennes, soit un total de huit boîtes de Pétri. Après ajout des extraits dans les puits, les boîtes ont été laissées à température ambiante pendant 30 minutes afin de permettre la diffusion des composés, puis incubées à 37°C pendant 24 heures.

L'activité antimicrobienne a été évaluée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des puits.

.6.4 Souches bactériennes utilisées :

- **Escherichia coli** : est une bactérie gram négatif généralement retrouvée dans la flore intestinale humaine et animale, ainsi que dans l'environnement. Certaines variétés peuvent être responsables d'infections intestinales et extra-intestinales chez l'être humain. (Mueller et al., 2026)
- **Staphylococcus aureus** : est une bactérie gram positif, présente sur la peau et les muqueuses comme commensal, peuvent devenir pathogène et être impliqué dans différentes infections humaines. (Touaitia et al., 2025)

Chapitre 4
Résultats et discussion

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

.1 Dosage des polyphénols totaux :

.1.1 Résultats et courbe d'étalonnage d'acide gallique :

La courbe d'étalonnage d'acide gallique a été établie à partir de différentes concentrations standards. Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive de l'absorbance avec l'augmentation de la concentration en acide gallique.

Cette relation traduit une réponse proportionnelle du réactif de Folin-Ciocalteu aux concentrations étudiées.

Cette linéarité est confirmée par une équation de type : $y=ax+b$

Y représente l'absorbance et **X** la concentration en acide gallique.

$$Y= 0.0069x$$

$$R^2=0.9999$$

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau et d'une courbe d'étalonnage :

Concentre µg/mL	Abs
0	0
20	0,143
40	0,282
60	0,418
80	0,558
100	0,693

Tableau 1 : Données expérimentales du courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

Le coefficient de corrélation (R^2) est proche de 1, ce qui indique une bonne linéarité entre les deux variables, et confirme la validité de la méthode de dosage Folin-Ciocalteu pour la quantification des polyphénols.

.1.2 Résultats et courbe de l'extrait de romarin

Dilution (extrait de romarin) ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbance (765 nm)
20	0,842
10	0,66
5	0,496
2,5	0,323
1,25	0,186
0,625	0,09

Tableau 2 : Valeurs de l'absorbance de l'extrait de romarin en fonction des dilutions

Le tableau ci-dessus représente l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration de l'extrait de romarin. Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive de l'absorbance avec l'augmentation de la concentration de l'extrait.

Les valeurs d'absorbance varient de 0.090 à 0.842. Cette augmentation traduit la présence de composés phénoliques capable de réagir avec le réactif de Folin-Ciocalteu.

Le coefficient de détermination obtenu ($R^2=0.8753$) indique une corrélation positive entre la concentration de l'extrait et l'absorbance mesurée.

.1.3 Détermination de la concentration en équivalent acide gallique :

La concentration des polyphénols totaux de l'extrait de romarin a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

Pour la **dilution 10** de l'extrait, l'absorbance mesurée est :

$$A=0.660$$

En utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage :

$$Y=ax+b$$

$$Y= 0.0069x + 0.0029$$

Où x représente la concentration en équivalents d'acide gallique ($\mu g/mL$)

- **Calcul de la concentration :**

$$X = 95,23 \mu g/mL$$

- **Conversion :**

$$95,23 \mu g/mL = 0.9523 mg/mL$$

- **Correction du facteur de dilution (x10) :**

$$C^{réel} = 0.09523 \times 10 \text{ (10= facteur de dilution)}$$

$$C^{réel} = 0.9523 mg/mL$$

- **Calcul du TPC**

$$TPC = \frac{C \times V}{m}$$

Où :

C= concentration (mg GAE/mL)

V= volume d'extraction (200mL)

M= masse de matière végétale (20g)

- **Résultat obtenu : $TPC = 9.52mgGAE/g$ MS**

.1.4 Discussion :

Le dosage des polyphénols totaux de l'extrait éthanolique de romarin, déterminé par la méthode de Folin-Ciocalteu, a révélé une teneur de 9,52 mg EAG/g de matière sèche. Cette valeur confirme la présence de composés phénoliques dans la matière végétale connus pour leurs propriétés antioxydantes et leur capacité à neutraliser les radicaux libres.

En effet, plusieurs études ont montré que le romarin (*Rosmarinus officinalis*) est une plante riche en composés phénoliques tels que l'acide rosmarinique, le carnosol et le carnosique, responsables de son activité antioxydante.

Ces résultats sont en accord avec ceux de (Yesil-Celiktas et al., 2007), qui ont montré que la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante de *Rosmarinus officinalis* varient en fonction de la zone géographique et de la période de récolte, avec des valeurs plus élevées dans les échantillons récoltés en périodes chaudes.

Par ailleurs, des études récentes ont mis en évidence des teneurs plus élevées en polyphénols dans des extraits de romarin obtenus par des techniques d'extraction optimisées. Par exemple, une étude utilisant des procédés d'extraction avancés a rapporté des valeurs comprises entre 46,48 mg EAG/g dans des extraits de romarin lyophilisé (Bianchin et al., 2020), tandis que d'autres travaux ont montré des teneurs encore plus élevées, atteignant jusqu'à 85–137 mg EAG/g d'extrait sec, selon la méthode d'extraction et l'origine géographique de la plante. (Kheiria et al., 2021)

Les différences observées entre notre résultat et ceux rapportés dans la littérature peuvent également être attribuées à la nature du matériel végétal utilisé ainsi qu'au procédé d'extraction appliqué. En effet, l'efficacité d'extraction des composés phénoliques est influencée par la polarité du solvant, le temps de contact, la température et le rapport solide/liquide. Une extraction moins intensive peut conduire à des teneurs plus faibles en polyphénols totaux.

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

Ainsi, bien que la teneur obtenue dans cette étude soit relativement faible comparée à certaines valeurs rapportées dans la littérature, elle reste cohérente avec des extraits obtenus par des méthodes classiques. Ces résultats confirment que le romarin constitue une source intéressante de composés phénoliques, responsables de ses propriétés antioxydantes.

.2 Évaluation de l'activité antioxydante par le test du DPPH :

La mesure du pouvoir antiradicalaire de notre extrait éthanolique de romarin (*Rosmarinus officinalis* L) a été réalisée par la méthode de réduction du radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). L'acide ascorbique a été utilisé simultanément comme antioxydant de référence (témoin positif). Les résultats obtenus décrivent l'évolution du pourcentage d'inhibition en fonction de la gamme de concentration testées.

.2.1 Résultats expérimentaux de l'extrait éthanolique de romarin :

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs brutes d'absorbances enregistrées, les moyennes arithmétiques calculées, ainsi que les pourcentages d'inhibition de l'extrait de romarin correspondants.

Concentration (µg/mL)	Absorbance	Inhibition %
Contrôle	0,782	0,00%
20	0,171	78,13%
10	0,405	48,21%
5	0,454	41,94%
2,5	0,591	24,42%
1,25	0,68	13,04%
0,625	0,754	3,58%

Tableau 3 : Effet de l'extrait éthanolique de romarin sur l'inhibition du radical DPPH

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

D'après les données consignées dans le Tableau 4.1, nous observons que le pourcentage d'inhibition s'accroît de façon continue et proportionnelle avec l'augmentation de la concentration en extrait de romarin. Les valeurs passent ainsi de 3,85 % pour la plus faible concentration (0,625 µg/mL) jusqu'à atteindre un palier maximal d'inhibition de 78,13 % à la concentration de 20 µg/mL. Cette tendance illustre un effet dose-dépendant marqué de notre extrait végétal vis-à-vis des radicaux DPPH.

.2.2 Résultats expérimentaux de l'acide ascorbique (témoin positif) :

Les mesures relatives à l'acide ascorbique, utilisé ici comme molécule de référence à fort potentiel antioxydant, sont présentées au sein du tableau suivant :

Concentration (µg/mL)	Inhibition %
Contrôle	0,811
10	68,20%
20	80,80%
40	89,80%
60	92,60%
80	94,70%
100	95,70%

Tableau 4 : Effet de l'acide ascorbique sur l'inhibition du radical DPPH

Les résultats présentés dans le tableau montrent que l'acide ascorbique exerce une activité antioxydante importante vis-à-vis du radical DPPH. On observe une augmentation progressive du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration. À 10 µg/mL, l'inhibition atteint déjà 68,20 %, puis elle augmente à 80,80 % à 20 µg/mL. À partir de 40 µg/mL, l'activité devient plus marquée avec des valeurs supérieures à 89 %, jusqu'à atteindre un maximum de 95,70 % à 100 µg/mL. Cette évolution traduit une réponse dose-dépendante et confirme la forte capacité antioxydante de l'acide ascorbique, avec une tendance à la stabilisation aux fortes concentrations.

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

- **Détermination de l'IC50 d'acide ascorbique :**

Puisque la concentration de 10µg/mL présente déjà un pourcentage d'inhibition de 68,20%, la valeur de l'IC50 (concentration nécessaire pour inhiber 50% des radicaux DPPH) se situe entre 0µg/mL et 10µg/mL.

Pour déterminer précisément cette valeur, nous procédons à une interpolation linéaire entre le contrôle ($C_1 = 0\mu g/mL$ $I_1 = 0\%$) et la première concentration ($C_2 = 10\mu g/mL$ $I_2 = 68,20\%$)

Formule d'interpolation linéaire :

$$IC50 = C_1 + \frac{(50 - I_1) \times (C_2 - C_1)}{I_1 - I_2}$$

Où :

$C_1 = 0\mu g/mL$

$I_1 = 0\%$ (inhibition du contrôle)

$C_2 = 10\mu g/mL$

$I_2 = 68,20\%$

On applique :

$$IC50 = 0 + \frac{(50 - 0) \times (10 - 0)}{68,20 - 0}$$

$$IC50 = \frac{50 \times 10}{68,20}$$

$$IC50 = \frac{500}{68,20}$$

$$IC50 \approx 7,33\mu g/mL$$

2.3 Détermination de la concentration inhibitrice à 50% (IC50) :

Pour évaluer l'activité anti-radicalaire de notre extrait éthanolique de romarin, nous avons déterminé la concentration inhibitrice à 50 % (IC50). Étant donné que la valeur de 50 % d'inhibition n'est pas directement obtenue expérimentalement, mais qu'elle se situe précisément entre les concentrations de 10 µg/mL (48,21 % d'inhibition) et 20 µg/mL (78,13 % d'inhibition), nous avons procédé par interpolation linéaire locale entre ces deux points du **Tableau 3**.

La formule mathématique utilisée pour cette interpolation est la suivante :

$$IC50 = C_1 + \frac{(50 - I_1) \times (C_2 - C_1)}{I_1 - I_2}$$

Où :

C_1 : concentration 10µg/mL

I_1 : pourcentage d'inhibition 48,21%

C_2 : 20 µg/mL

I_2 : 78,13%

En remplaçant par nos valeurs expérimentales :

$$IC50 = 10 + \frac{(50 - 48.21) \times (20 - 10)}{78,13 - 48,21}$$

$$IC50 = 10 + \frac{1,79 \times 10}{29,92}$$

$$IC50 = 10 + \frac{17,9}{29,92}$$

$$IC50 = 10 + 0,598$$

$$IC50 \approx 10,60 \text{ g/mL}$$

.2.4 Discussion :

L'évaluation du potentiel antioxydant de l'extrait éthanolique de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) représente une étape essentielle de cette étude, visant à mettre en évidence les propriétés biologiques de cette plante largement utilisée en phytothérapie. Le romarin est connu pour sa richesse en composés bioactifs, notamment les polyphénols, auxquels sont attribuées de nombreuses activités biologiques intéressantes (Bozin et al., 2007; Moreno et al., 2006). Afin d'évaluer sa capacité à neutraliser les radicaux libres, l'activité antioxydante a été mesurée par le test DPPH, une méthode largement utilisée pour estimer le pouvoir antiradicalaire des extraits végétaux (Brand-Williams et al., 1995).

Les résultats obtenus montrent une valeur d'**IC₅₀** de **10,66 µg/mL** pour l'extrait de romarin. À titre de comparaison, l'acide ascorbique, utilisé comme antioxydant de référence, présente une **IC₅₀** de **7,33 µg/mL**. Sachant qu'une faible valeur d'IC₅₀ correspond à une activité antioxydante plus élevée, l'acide ascorbique demeure légèrement plus efficace que l'extrait étudié. Toutefois, la valeur obtenue pour le romarin reste relativement faible, ce qui traduit une bonne capacité antioxydante.

La différence observée entre les valeurs d'IC₅₀ de l'acide ascorbique et de l'extrait éthanolique de romarin peut s'expliquer par la nature chimique et la composition des deux systèmes. L'acide ascorbique est un composé pur, de petite taille moléculaire, directement actif et très efficace dans le piégeage des radicaux libres grâce à sa capacité à donner rapidement des électrons. À l'inverse, l'extrait éthanolique de romarin est un mélange complexe de composés bioactifs, dont les principaux sont les polyphénols (acide rosmarinique, carnosol, acide carnosique), les flavonoïdes et d'autres constituants secondaires. Bien que ces molécules possèdent une activité antioxydante importante, leur efficacité globale dépend de leur concentration, de leur structure chimique et parfois de phénomènes de synergie ou d'interaction entre composés, ce qui peut expliquer une activité légèrement inférieure à celle de l'antioxydant pur.

Cette activité peut également être liée à la présence importante de composés phénoliques dans l'extrait. En effet, le **dosage des polyphénols totaux** a révélé une teneur de **9,25 µg EAG/g de matière sèche**. Ces composés sont capables de donner des électrons ou des atomes d'hydrogène aux radicaux libres, limitant ainsi les réactions d'oxydation et protégeant les structures cellulaires contre le stress oxydatif.

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par **(Herrero et al., 2010)** qui ont montré que le romarin possède une forte activité antioxydante liée principalement à ses composés phénoliques, tels que l'acide carnosique, le carnosol et l'acide rosmarinique. De même, **(Bozin et al., 2007)** ont mis en évidence une activité antioxydante significative des extraits et huiles essentielles de romarin, attribuée à la synergie entre composés phénoliques et terpéniques.

Dans l'ensemble, l'extrait éthanolique de romarin présente donc une activité antioxydante notable, bien que légèrement inférieure à celle de l'acide ascorbique. Cette activité, associée à sa richesse en composés phénoliques, confirme l'intérêt du romarin comme source naturelle

d'antioxydants pouvant avoir des applications potentielles dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et nutraceutique.

.3 Evaluation de l'activité antimicrobienne :

L'activité antimicrobienne de l'extrait éthanolique de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) a été évaluée par la méthode de diffusion en puits sur gélose Mueller-Hinton contre ***Escherichia coli* (Gram négatif)** et ***Staphylococcus aureus* (Gram positif)**.

- **Activité sur *Escherichia coli* (Gram –)**

Les résultats montrent que **le témoin négatif (éthanol)** ainsi que l'extrait aqueux n'ont présenté aucune zone d'inhibition (**0 mm**), confirmant que l'activité observée est exclusivement liée aux composés bioactifs de l'extrait éthanolique.

L'extrait pur a présenté une activité modérée avec une zone d'inhibition de **15 mm** contre *E. coli*. Cette bactérie Gram négative est connue pour sa résistance accrue, due à la présence d'une membrane externe riche en lipopolysaccharides qui agit comme barrière de perméabilité (**Nikaido, 2003**). Malgré cette barrière, l'extrait de romarin a montré une activité notable, suggérant la présence de composés capables de perturber cette structure protectrice.

La diminution progressive de l'activité observée avec les dilutions (**8 mm pour 1/2 et 1 mm pour 1/4**) confirme clairement un effet dose-dépendant, où l'efficacité diminue avec la réduction de la concentration en principes actifs.

- **Activité sur *Staphylococcus aureus* (Gram +)**

Staphylococcus aureus s'est révélé plus sensible à l'extrait de romarin, avec une zone d'inhibition de **19 mm pour l'extrait pur**. Les dilutions **1/2 et 1/4** ont conservé une activité mesurable (**15 mm et 9 mm**), indiquant une sensibilité relativement élevée même à faible concentration.

Cette différence de sensibilité entre les deux souches peut être expliquée par la structure de la paroi cellulaire. Les bactéries Gram positives possèdent une paroi épaisse en peptidoglycane

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

mais dépourvue de membrane externe, ce qui facilite la diffusion des composés antimicrobiens (**Burt, 2004**). À l'inverse, les bactéries Gram négatives présentent une barrière supplémentaire limitant l'entrée de ces molécules.

L'extrait aqueux n'a montré aucune activité antimicrobienne sur les deux souches testées. Ce résultat suggère que les composés responsables de l'activité antibactérienne du romarin sont majoritairement de nature lipophile et s'extraient plus efficacement dans l'éthanol que dans l'eau.

De même, l'absence d'activité du **témoin négatif** confirme que l'éthanol n'intervient pas dans l'effet antibactérien observé, ce qui valide la fiabilité des résultats obtenus.

.3.1 Discussion :

Dans l'ensemble, les résultats montrent une activité antimicrobienne dose-dépendante et dépendante de la souche bactérienne. *Staphylococcus aureus* apparaît plus sensible que *Escherichia coli*, ce qui est en accord avec les observations de la littérature.

Cette activité peut être attribuée à la richesse du romarin en composés phénoliques tels que l'acide rosmarinique, le carnosol et l'acide carnosique. Ces molécules agissent principalement en perturbant la membrane cellulaire, en altérant la perméabilité et en inhibant les systèmes enzymatiques essentiels (**Burt, 2004**).

Par ailleurs, (**Cowan, s. d.**) a rapporté que les extraits végétaux riches en polyphénols présentent une activité antimicrobienne significative, avec une efficacité variable selon la structure cellulaire des microorganismes. Les résultats obtenus dans cette étude confirment donc ces données et renforcent l'intérêt du romarin comme source naturelle d'agents antimicrobiens.

Chapitre 4 : Résultats Et Discussion

Souches bactériennes	Extrait pur	1/2	1/4	Extrait aqueux	Ethanol (témoin)
E. coli	15mm	8mm	1mm	0mm	0mm
S. aureus	19mm	15mm	9mm	0mm	0mm

Tableau 5 : Tableau des résultats (activité antimicrobienne) des deux souches utilisées



Figure 9 : photographies des boîtes pétri montrant les zones d'inhibition observées pour Escherichia coli et Staphylococcus aureus

Conclusion générale

Ce travail a permis de mettre en évidence l'intérêt biologique de l'extrait éthanolique de **Rosmarinus officinalis** (romarin) à travers l'étude de ses propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

Les différentes analyses réalisées ont montré que cet extrait possède une activité antioxydante notable, mise en évidence par sa capacité à agir sur le système **DPPH**, avec une valeur **IC50** permettant d'évaluer son efficacité. Cette activité est fortement influencée par la richesse de l'extrait en composés phénoliques, confirmée par le dosage des polyphénols totaux (**TPC**) réalisé selon la méthode de Folin-Ciocalteu, en utilisant l'acide gallique comme référence.

D'autre part, les résultats obtenus au niveau des tests antimicrobiens ont montré une action inhibitrice de l'extrait sur les souches bactériennes étudiées, ce qui témoigne d'un potentiel biologique intéressant, bien que variable selon les microorganismes.

Globalement, ces résultats mettent en évidence que le romarin est une source naturelle riche en composés bioactifs, principalement les polyphénols, responsables de ses différentes activités biologiques.

Ce travail confirme ainsi l'intérêt de valoriser les plantes médicinales dans la recherche de substances naturelles à potentiel thérapeutique.

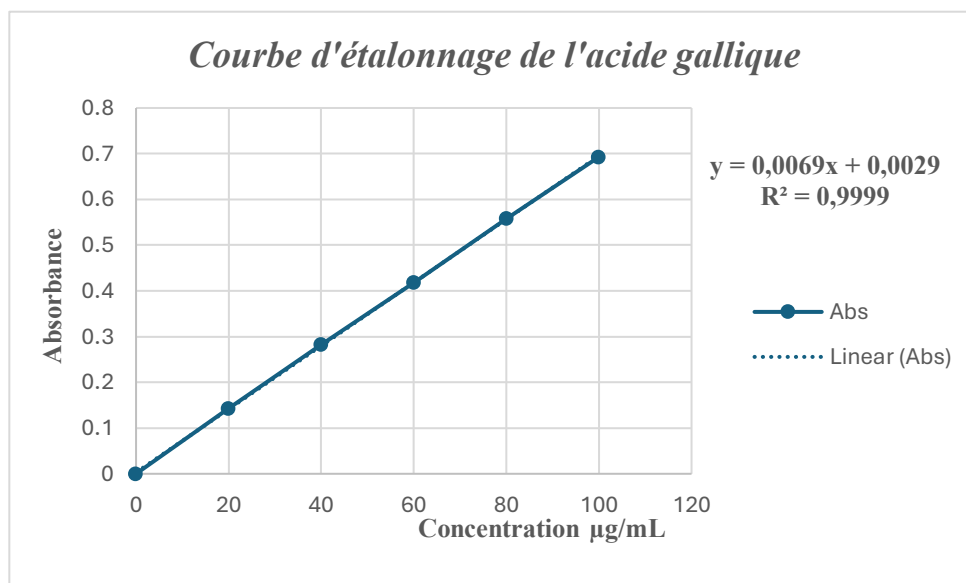


Figure 10 : courbe d'étalonnage d'acide gallique

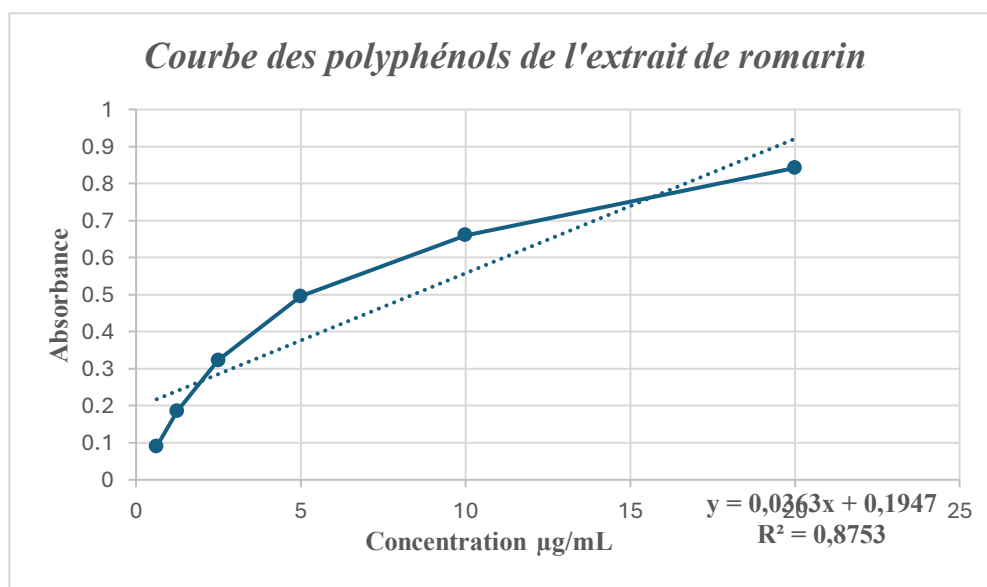


Figure 11 : Courbe d'extrait de romarin (échantillon)

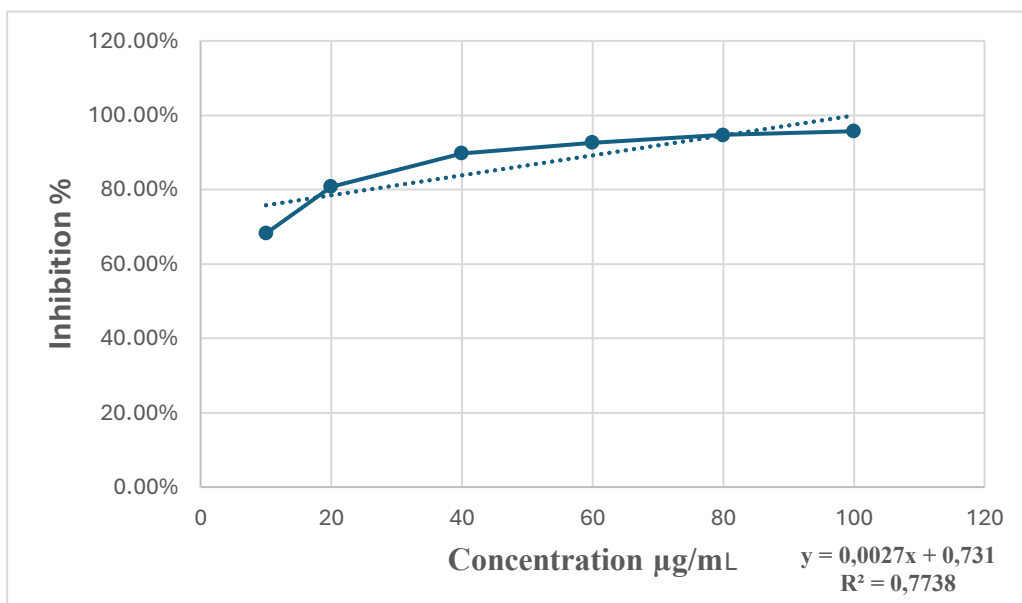


Figure 12 : courbe de standard acide ascorbique

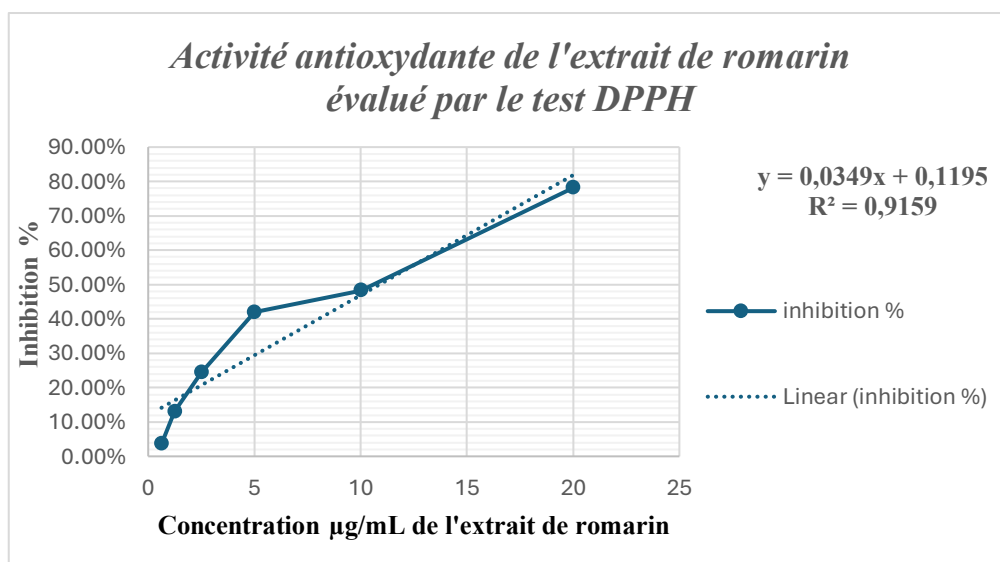


Figure 13 : courbe d'inhibition d'extrait de romarin évalué par le test DPPH

Références bibliographiques :

- Ansari, P., Reberio, A. D., Ansari, N. J., Kumar, S., Khan, J. T., Chowdhury, S., El-Mordy, F. M. A., Hannan, J. M. A., Flatt, P. R., Abdel-Wahab, Y. H. A., & Seidel, V. (2025). Therapeutic Potential of Medicinal Plants and Their Phytoconstituents in Diabetes, Cancer, Infections, Cardiovascular Diseases, Inflammation and Gastrointestinal Disorders. *Biomedicines*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/biomedicines13020454>
- Arajyan, G., Sargsyan, S., Hovsepyan, V., Pahutyan, N., Navoyan, Q., Shahinyan, M., Melyan, G., & Gabrielyan, I. (2025). **Functional food applications of *Rosmarinus officinalis* : Antioxidant, anti-inflammatory, and metabolic health perspectives.** *Functional Food Science - Online ISSN: 2767-3146*, 5(10), 496-512. <https://doi.org/10.31989/ffs.v5i10.1756>
- Banjaw, D., Megersa, H., Abewoy, D., Lemma, D., & Lema. (2024). *Rosemary Recent Classification, Plant Characteristics, Economic Parts, Marketing, Uses, Chemical Composition, and Cultivation******_____
- *****.
- Begum, A., Sandhya, S., Ali, S. S., Vinod, K. R., Reddy, S., & Banji, D. (s. d.). *AN IN-DEPTH REVIEW ON THE MEDICINAL FLORA ROSMARINUS OFFICINALIS (LAMIACEAE)*.
- Bejenaru, L. E., Biță, A., Mogoșanu, G. D., Segneanu, A.-E., Radu, A., Ciocîlteu, M. V., & Bejenaru, C. (2024). Polyphenols Investigation and Antioxidant and Anticholinesterase Activities of *Rosmarinus officinalis* L. Species from Southwest Romania Flora. *Molecules*, 29(18), 4438. <https://doi.org/10.3390/molecules29184438>
- Bencharif-Betina, S., Benhamed, N., Benabdallah, A., Bendif, H., Benslama, A., Negro, C., Plavan, G., Abd-Elkader, O. H., & Bellis, L. D. (2023). A Multi-Approach Study of

- Phytochemicals and Their Effects on Oxidative Stress and Enzymatic Activity of Essential Oil and Crude Extracts of *Rosmarinus officinalis*. *Separations*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/separations10070394>
- Bianchin, M., Pereira, D., Almeida, J. de F., Moura, C. de, Pinheiro, R. S., Heldt, L. F. S., Haminiuk, C. W. I., & Carpes, S. T. (2020). Antioxidant Properties of Lyophilized Rosemary and Sage Extracts and its Effect to Prevent Lipid Oxidation in Poultry Pâtê. *Molecules*, 25(21). <https://doi.org/10.3390/molecules25215160>
- Blois, S. (1955). A note on free radical formation in biologically occurring quinones. *Biochimica et Biophysica Acta*, 18, 165. [https://doi.org/10.1016/0006-3002\(55\)90038-X](https://doi.org/10.1016/0006-3002(55)90038-X)
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., & Jovin, E. (2007). Antimicrobial and Antioxidant Properties of Rosemary and Sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7879-7885. <https://doi.org/10.1021/jf0715323>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Burt, S. (2004). Essential oils : Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Charoensin, S., & Dansakda, S. (2023). Modulatory Effect of Rosmarinic Acid on H₂O₂-Induced Adaptive Glycolytic Response in Dermal Fibroblasts. *Molecules*, 28(14), 5599. <https://doi.org/10.3390/molecules28145599>
- Cowan, M. M. (s. d.). *Plant Products as Antimicrobial Agents*.

- Dar, R. A., Shahnawaz, M., & Qazi, P. H. (2017). General overview of medicinal plants : A review. *The Journal of Phytopharmacology*, 6(6), 349-351. <https://doi.org/10.31254/phyto.2017.6608>
- de Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., & de Oliveira, L. D. (2019). Rosmarinus officinalis L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Journal of Biomedical Science*, 26, 5. <https://doi.org/10.1186/s12929-019-0499-8>
- E., C., Fons, F., Rapior, S., & J., J. (2015). *Trente-sept plantes chinoises (Magnoliidae, Ranunculidae, Asteridae). Caractères botaniques, étude pharmacologique et intérêt thérapeutique / Thirty-seven Chinese herbs (Magnoliidae, Ranunculidae, Asteridae). Botanical characteristics, pharmacological investigation and therapeutical properties.*
- Elufioye, T. O., & Habtemariam, S. (2019). Hepatoprotective effects of rosmarinic acid : Insight into its mechanisms of action. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 112, 108600. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108600>
- Farruggia, D., Tortorici, N., Iacuzzi, N., Alaimo, F., Leto, C., & Tuttolomondo, T. (2024). Biostimulants Improve Plant Performance of Rosemary Growth in Agricultural Organic System. *Agronomy*, 14(1), 158. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010158>
- Ghasemzadeh Rahbardar, 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>
- González-Minero, F. J., Bravo-Díaz, L., & Ayala-Gómez, A. (2020). Rosmarinus officinalis L. (Rosemary) : An Ancient Plant with Uses in Personal Healthcare and Cosmetics. *Cosmetics*, 7(4), 77. <https://doi.org/10.3390/cosmetics7040077>
- Herrero, M., Plaza, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2010). Green processes for the extraction of bioactives from Rosemary : Chemical and functional characterization via ultra-

- performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry and in-vitro assays. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2512-2520. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.032>
- Kato, R., Tada, C., Yamauchi, M., Matsumoto, Y., & Gotoh, H. (2025). DPPH Measurement for Phenols and Prediction of Antioxidant Activity of Phenolic Compounds in Food. *Current Issues in Molecular Biology*, 48(1). <https://doi.org/10.3390/cimb48010012>
- Kheiria, H., Mounir, A., María, Q., José, J. M., & Bouzid, S. (2021). Total Phenolic Content and Polyphenolic Profile of Tunisian Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Residues. In *Natural Drugs from Plants*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97762>
- Macedo, L. M. de, Santos, É. M. dos, Militão, L., Tundisi, L. L., Ataíde, J. A., Souto, E. B., & Mazzola, P. G. (2020). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L., syn *Salvia rosmarinus* Spenn.) and Its Topical Applications: A Review. *Plants*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/plants9050651>
- Manandhar, S., Luitel, S., & Dahal, R. K. (2019). In Vitro Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants against Human Pathogenic Bacteria. *Journal of Tropical Medicine*, 2019, 1-5. <https://doi.org/10.1155/2019/1895340>
- Medizinal-Pflanzen, F. E. K., Köhler's. (1897). *Deutsch : Rosmarin. A Blühender Zweig, nat. Grösse; 1 und 2 Blüthen, vergrößert; 3 Blüthe im Längsschnitt, desgl.; 4 fruchtbare Staubgefässe, desgl.; 5 Pollen, desgl.; 6 unfruchtbares Staubgefäss (Staminodium), desgl.; 7 Stempel, desgl.; 8 Fruchtknoten im Längsschnitt, desgl.; 9 derselbe im Querschnitt, desgl.; 10 Fruchtkelch, desgl.; 11 Frucht ohne Kelch, desgl.; 12 und 13 Nüsschen von verschiedenen Seiten, desgl.; 14 dasselbe in Längsschnitt, desgl.* [Image]. List of Koehler Images. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosmarinus_officinalis_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-258.jpg

- Meziane, H., Zraibi, L., Albusayr, R., Bitari, A., Oussaid, A., Hammouti, B., & Touzani, R. (2025). *Rosmarinus officinalis* Linn. : Unveiling its multifaceted nature in nutrition, diverse applications, and advanced extraction methods. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 11(1), 9-37. <https://doi.org/10.1007/s43994-024-00144-y>
- Moreno, S., Scheyer, T., Romano, C. S., & Vojnov, A. A. (2006). Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition. *Free Radical Research*, 40(2), 223-231. <https://doi.org/10.1080/10715760500473834>
- Mueller, M., Rausch-Phung, E. A., & Tainter, C. R. (2026). *Escherichia coli* Infection. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564298/>
- Nikaido, H. (2003). Molecular Basis of Bacterial Outer Membrane Permeability Revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 593-656. <https://doi.org/10.1128/membr.67.4.593-656.2003>
- Nunes, A. R., Alves, G., Falcão, A., Lopes, J. A., & Silva, L. R. (2025). Phenolic Acids from Fruit By-Products as Therapeutic Agents for Metabolic Syndrome: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(8). <https://doi.org/10.3390/ijms26083834>
- Olivas-Méndez, P., Chávez-Martínez, A., Santellano-Estrada, E., Asorey, L. G., Sánchez-Vega, R., Rentería-Monterrubio, A. L., Chávez-Flores, D., Tirado-Gallegos, J. M., & Méndez-Zamora, G. (2022). Antioxidant and Antimicrobial Activity of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and Garlic (*Allium sativum*) Essential Oils and Chipotle Pepper Oleoresin (*Capsicum annum*) on Beef Hamburgers. *Foods*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/foods11142018>

- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free Radicals : Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative Stress : Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
- Ribeiro-Santos, R., Carvalho-Costa, D., Cavaleiro, C., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Castilho, M. C., Ramos, F., Melo, N. R., & Sanches-Silva, A. (2015). A novel insight on an ancient aromatic plant : The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 355-368. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.015>
- Ryan, D., Robards, K., Prenzler, P., & Antolovich, M. (1999). Applications of mass spectrometry to plant phenols. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 18(5), 362-372. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(98\)00118-6](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(98)00118-6)
- Salehi, B., Martorell, M., Arbiser, J. L., Sureda, A., Martins, N., Maurya, P. K., Sharifi-Rad, M., Kumar, P., & Sharifi-Rad, J. (2018). Antioxidants : Positive or Negative Actors? *Biomolecules*, 8(4), 124. <https://doi.org/10.3390/biom8040124>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Škrovánková, S., Mišurcová, L., & Machů, L. (2012). Chapter Three—Antioxidant Activity and Protecting Health Effects of Common Medicinal Plants (J. Henry, Éd.; Vol. 67, p. 75-139). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394598-3.00003-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394598-3.00003-4)

- Sofowora, A., Ogunbodede, E., & Onayade, A. (2013). The Role and Place of Medicinal Plants in the Strategies for Disease Prevention. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines*, 10(5), 210-229. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i5.2>
- Stoclet, J.-C., & Schini-Kerth, V. (2011). Flavonoïdes alimentaires et santé humaine. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 69(2), 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2010.11.004>
- Touaitia, R., Mairi, A., Ibrahim, N. A., Basher, N. S., Idres, T., & Touati, A. (2025). Staphylococcus aureus : A Review of the Pathogenesis and Virulence Mechanisms. *Antibiotics*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/antibiotics14050470>
- Uikey, J. (2024). *REVIEWING OF PLANT BELONGING TO LAMIACEAE FAMILY*.
- Yesil-Celiktas, O., Girgin, G., Orhan, H., Wichers, H., Bedir, E., & Vardar-Sukan, F. (2007). Screening of free radical scavenging capacity and antioxidant activities of Rosmarinus officinalis extracts with focus on location and harvesting times. *European Food Research and Technology*, 224, 443-451. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0306-0>
- Zamora-Ros, R., Rothwell, J. A., Scalbert, A., Knaze, V., Romieu, I., Slimani, N., Fagherazzi, G., Perquier, F., Touillaud, M., Molina-Montes, E., Huerta, J. M., Barricarte, A., Amiano, P., Menéndez, V., Tumino, R., Magistris, M. S. de, Palli, D., Ricceri, F., Sieri, S., ... González, C. A. (2013). Dietary intakes and food sources of phenolic acids in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *British Journal of Nutrition*, 110(8), 1500-1511. <https://doi.org/10.1017/S0007114513000688>
- Zehiroglu, C., & Ozturk Sarikaya, S. B. (2019). The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4757-4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>

Zhang, H., Wang, M., & Xiao, J. (2022). *Chapter One—Stability of polyphenols in food processing* (F. Toldrá, Éd.; Vol. 102, p. 1-45). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.04.006>