

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi, Tebessa
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie des Etres Vivants



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Ecophysiologie végétale
Thème

Evaluation de la teneur en composés phénoliques dans différents types d'extraits de quelques plantes aromatiques

Présenté par

Hasnaoui Faten

Sahra Djihene

Devant le jury

Souad Mehalaine	MCA	Université de Tebessa	Encadreur
Mohamed Salah Hannachi	MCB	Université de Tebessa	Président
Soraya Hioun	MAA	Université de Tebessa	Examineur

Date de soutenance : 11 Juin 2023

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier la teneur en composés phénoliques totaux et tanins dans différents types d'extraits de quatre plantes aromatiques et médicinales collectées de la région semi aride algérienne : *Marrubium vulgare* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Salvia officinalis* L., *Thymus vulgaris* L.

L'extraction des composés phénoliques a été réalisée par macération et affrontement par différents solvants organiques ; l'eau distillée a été également utilisé dans l'extraction. La teneur en phénols totaux et tanins dans les quatre extraits : aqueux et organiques (éthanol, acétate d'éthyle, butanol) de chaque plante a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu.

Les résultats obtenus ont montré un effet significatif sur la teneur en tanins chez *Rosmarinus officinalis*. Chez *Marrubium vulgare*, le butanol et l'acétate d'éthyle ont légèrement augmenté la teneur en composés phénoliques et tanins à 0.027, 0.047 mg EAG/g et à 0.060, 0.053 mg EAT/g respectivement. L'extrait aqueux et l'extrait éthanolique ont légèrement augmenté les teneurs en phénols totaux et tanins à 0.25 mg EAG/g et à 0.33 mg EAT/g chez *Thymus vulgaris*. L'acétate d'éthyle a présenté la meilleure concentration de composés phénoliques et tanins chez *Salvia officinalis* : 0.14 mg EAG/g et 0.10 mg EAT/g respectivement.

Mots clés : Plantes aromatiques, phénols totaux, tanins, solvants organiques.

Abstract

The objective of this work is to study the content of total phenolic compounds and tannins in different types of extracts of four aromatic and medicinal plants collected from the Algerian semiarid region: *Marrubium vulgare* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Salvia officinalis* L. and *Thymus vulgaris* L.

The extraction of phenolic compounds was carried out by maceration and confrontation with different organic solvents; distilled water was also used in the extraction. The content of total phenols and tannins in the four extracts: aqueous and organic (ethanol, ethyl acetate, butanol) of each plant was determined by the Folin-Ciocalteu method.

The obtained results showed a significant effect on the tannin content in *Rosmarinus officinalis*. In *Marrubium vulgare*, butanol and ethyl acetate slightly increased the content of phenolic compounds and tannins to 0.027, 0.047 mg EGA/g and 0.060, 0.053 mg ETA/g respectively. The aqueous extract and ethanolic extract slightly increased the contents of total phenols and tannins to 0.25 mg EGA/g and to 0.33 mg ETA/g in *Thymus vulgaris*. Ethyl acetate presented the best concentration of phenolic compounds and tannins in *Salvia officinalis*: 0.14 mg EGA/g and 0.10 mg ETA/g respectively.

Keywords: Aromatic plants, total phenols, tannins, organic solvents.

الملخص

إن الهدف من هذا العمل هو دراسة محتوى المركبات الفينولية الكلية والديبغيات في مستخلصات مختلفة لأربعة نباتات عطرية وطبية تنمو بشكل تلقائي في المنطقة شبه الجافة الجزائرية : الفراسيون الأبيض، إكليل الجبل، المريمية، الزعتر البري.

تم استخلاص المركبات الفينولية بواسطة النقع و الفصل باستعمال مذيبات عضوية مختلفة، كما تم استعمال الماء المقطر أيضا في عملية الاستخلاص.

تم تحديد كمية المركبات الفينولية الكلية و الديبغيات في المذيبات العضوية (الإيثانول، أسيتات الإيثيل، البيوتانول) و الماء المقطر للنباتات الأربعة بواسطة طريقة Folin- Ciocalteu .

أظهرت النتائج تأثيرا معنويا على محتوى الديبغيات عند إكليل الجبل. مذيب البيوتانول و أسيتات الإيثيل رفعا بشكل طفيف محتوى المركبات الفينولية والديبغيات عند نبات الفراسيون الأبيض إلى 0.027، 0.047 ملغ مكافئ حمض الغاليك / غ و 0.060، 0.053 ملغ مكافئ حمض التانيك / غ على الترتيب . كما أن المستخلص المائي و المستخلص الإيثانولي رفعا بشكل طفيف محتوى المركبات الفينولية الكلية والديبغيات إلى 0.25 ملغ مكافئ حمض الغاليك / غ و 0.33 ملغ مكافئ حمض التانيك / غ عند الزعتر البري. وقد أعطت أسيتات الإيثيل أحسن تركيز للمركبات الفينولية الكلية والديبغيات عند نبات المريمية : 0.14 ملغ مكافئ حمض الغاليك / غ و 0.10 ملغ مكافئ حمض التانيك / غ على الترتيب.

الكلمات المفتاحية : النباتات العطرية، المركبات الفينولية الكلية، الديبغيات، المذيبات العضوية.

Liste des photos

Numéro	Titre	Page
01	Partie aérienne de <i>Marrubium vulgare</i> L.	04
02	Partie aérienne de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	06
03	Partie aérienne de <i>Salvia officinalis</i> L.	08
04	Partie aérienne de <i>Thymus vulgaris</i> L.	10

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	16
02	Courbe d'étalonnage de l'acide tannique	17
03	Teneur en phénols totaux dans différents extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i>	18
04	Teneur en tanins dans différents extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i>	18
05	Teneur en phénols totaux dans différents extraits de <i>Marrubium vulgare</i>	19
06	Teneur en tanins dans différents extraits de <i>Marrubium vulgare</i>	19
07	Teneur en phénols totaux dans différents extraits de <i>Thymus vulgaris</i>	20
08	Teneur en tanins dans différents extraits de <i>Thymus vulgaris</i>	20
09	Teneur en phénols totaux dans différents extraits de <i>Salvia officinalis</i>	20
10	Teneur en tanins dans différents extraits de <i>Salvia officinalis</i>	21

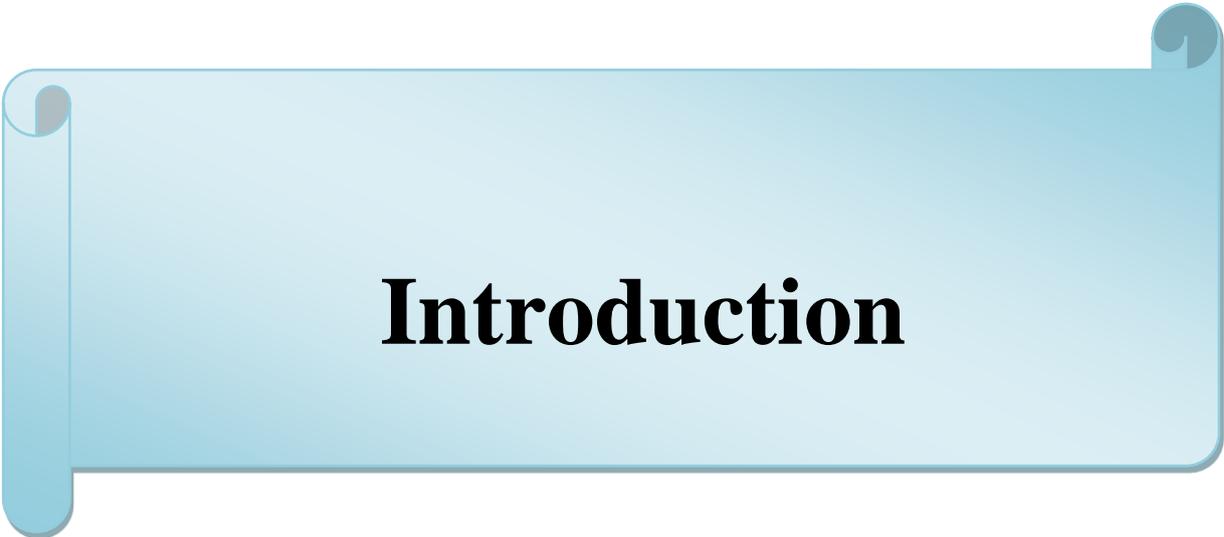


Sommaire

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I : Partie Bibliographique	
1. Les plantes étudiée	03
1.1. <i>Marrubium vulgare</i> L.....	03
1.1.1. Classification.....	03
1.1.2. Description botanique	03
1.1.3. Répartition géographique	04
1.1.4. Composition chimique	04
1.1.5. Propriétés thérapeutiques	05
1.2. <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	05
1.2.1. Classification.....	05
1.2.2. Description botanique	05
1.2.3. Répartition géographique	06
1.2.4. Composition chimique.....	06
1.2.5. Propriétés thérapeutiques	07
1.3. <i>Salvia officinalis</i> L.	07
1.3.1. Classification	07
1.3.2. Description botanique	08
1.3.3. Répartition géographique	08
1.3.4. Composition chimique	09
1.3.5. Propriétés thérapeutiques	09
1.4. <i>Thymus vulgaris</i> L.	09
1.4.1. Classification	09
1.4.2. Description botanique	10
1.4.3. Répartition géographique	10
1.4.4. Composition chimique	11
1.4.5. Propriétés thérapeutiques	11
2. Les composés phénoliques	11
2.1. Définition	11
2.2. Biosynthèse	11
2.3. Importance des composés phénoliques	11

2.3.1. Activité antioxydante	11
2.3.2. Activité antimicrobienne	12
2.3.3. Activité antitumorale.....	12
2.3.4. Propriétés cardiovasculaires	12
2.3.5. Propriétés physiologiques	12
2.4. Différentes classes des composés phénoliques	12
2.5. Méthodes d'extraction des composés phénoliques	13
2.5.1. Extraction liquide sous pression.....	13
2.5.2. Extraction par solvant.....	13
Chapitre II : Matériel et Méthode	
1. Matériel végétal.....	15
2. Extraction des composés phénoliques et tanins condensés	15
3. Dosage des phénols totaux et tanins condensés	15
4. Analyse statistique.....	17
Chapitre III : Résultats discussion	
1. Teneur en phénols totaux et tanins	18
1.1. <i>Rosmarinus officinalis</i>	18
1.2. <i>Marrubium vulgare</i>	18
1.3. <i>Thymus vulgaris</i>	19
1.4. <i>Salvia officinalis</i>	20
Conclusion	24
Références bibliographiques	26



Introduction

Introduction

L'utilisation des plantes comme médicaments remonte à l'ère primitive, puis aux civilisations anciennes. Les grandes civilisations ont une longue tradition d'utilisation de plantes médicinales «médecine traditionnelle». Les civilisations de la Chine, de l'Inde et de l'Afrique du Nord fournissent certainement des preuves documentées de l'ingéniosité humaine dans l'utilisation des plantes pour traiter une grande variété de maladies (Phillipson, 2001 ; Leonti et al., 2003).

L'utilisation de plantes médicinales et de médicaments dérivés de plantes dans les différentes cultures dans le monde entier a facilité l'incorporation de molécules phytochimiques dans les produits modernes afin de protéger la santé humaine et traiter différentes maladies. La demande de métabolites secondaires extraits des racines et des parties aériennes des plantes médicinales est en grande augmentation ; ils constituent une alternative naturelle aux produits chimiques synthétiques. Parmi ces métabolites secondaires figurent les phénols, les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les terpénoïdes tels que les monoterpènes les sesquiterpènes, les diterpènes et les triterpènes (Soleimani et al., 2022).

En général, les phénols et les polyphénols désignent une large classe de métabolites secondaires végétaux avec au moins un noyau phénolique dans leurs molécules, ils sont principalement dérivés de la voie de l'acide shikimique. Le noyau phénolique est constitué d'un cycle aromatique hydroxylé. Les composés phénoliques jouent un rôle important dans l'absorption et la neutralisation des radicaux libres, l'extinction de l'oxygène singulet et la décomposition des peroxydes (Valifard et al., 2014 ; Trivellini et al., 2016).

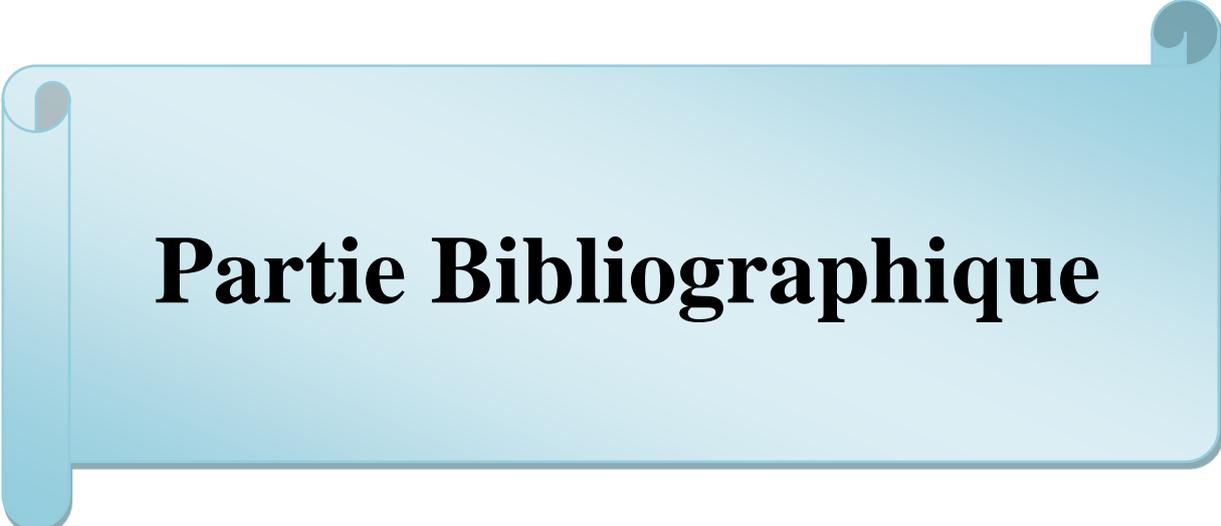
La famille des Lamiaceae, comprend environ 230 genres et 7100 espèces, est l'une des familles de plantes médicinales les plus importantes dans le monde. De nombreuses espèces de la famille des Lamiaceae sont considérées comme très importantes en raison de leur utilisation en médecine, en cuisine et en cosmétique, ainsi que pour la production d'huiles essentielles, en raison des propriétés très diverses de leurs constituants phénoliques, qui en font des produits naturels uniques et prometteurs. De plus, récemment les consommateurs exigent des produits naturels, parce que les produits chimiques de synthèse étant considérés comme potentiellement toxiques. En outre, l'exploration d'ingrédients naturels provenant des plantes a fourni des résultats très importants (Stagos et al., 2012 ; Trivellini et al., 2016 ; Uritu et al., 2018). Les molécules bioactives sont largement présentes dans de nombreuses plantes médicinales (Djeridane et al., 2006). Parmi les principaux genres connus par leur capacité de synthétiser des molécules chimiques actives, ceux appartenant à la famille des Lamiaceae :

Salvia, Rosmarinus, Marrubium, Thymus et quelques autres dont l'utilisation est restreinte (Stagos et al., 2012).

Le but de ce travail est d'évaluer la teneur en phénols totaux et tanins dans quatre extraits aqueux et organiques de quatre plantes médicinales qui poussent spontanément en Algérie : *Marrubium vulgare* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Salvia officinalis* L., *Thymus vulgaris* L.

Ce travail est constitué de trois parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique qui traite les quatre plantes médicinales étudiées, leur composition chimique et leur répartition géographique, et aux composés phénoliques.
- La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés dans l'étude expérimentale.
- La troisième partie est consacrée aux résultats et leur discussion.



Partie Bibliographique

1. Les plantes étudiées

1.1. *Marrubium vulgare* L.

1.1.1. Classification

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Magnolipsides

Sous-classe : Astérides

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Marrubium*

Espèce : *Marrubium vulgare* L.

Nom français commun : Marrube blanc

Nom anglais : Horehound (Spichiger et al., 2002 ; Damerdji et Chekrouni, 2015 ; Li et al., 2016).

1.1.2. Description botanique

Marrubium vulgare est une plante herbacée vivace, buissonnante, aromatique, à plusieurs tiges, mesurant généralement de 0,30 à 0,75 m de haut (Weiss et Sagliocco, 2012). Les feuilles sont arrondies, ovales, généralement dentées, pétiolées, veinées et blanchies à la surface, et elles sont disposées par paires opposées sur une longue tige. Les inflorescences se forment à l'aisselle des feuilles supérieures, avec des fleurs blanches de 1,2-1,5 cm de long en verticilles axillaires serrées. Le calice est tubulaire, lobé à 10 dents. La corolle est blanche, tubulaire et bilabée, la lèvre supérieure est bilobée, bifide et dressée, tandis que la lèvre inférieure est trilobée avec un lobe médian plus large. Le tube de la corolle comprend le style et les étamines. La forme des grains de pollen est oblate-sphéroïdale, à symétrie radiale et iso polaire (Aćimović et al., 2020). Les fruits forment des ronces brunes avec de petites épines crochues lorsqu'ils sont secs (Tabet Zatlá, 2018). Le marrube fleurit à partir d'avril à octobre (Ghedadba, 2018). Cette plante est tolérante à la sécheresse et résiste au gel. Elle pousse généralement sur des sols alcalins et très pauvres et colonise très tôt les zones érodées, les bords de route, les berges des canaux (Weiss et Sagliocco, 2012).



Photo 01 : Partie aérienne de *Marrubium vulgare* L. (Tela Botanica, 2023)

1.1.3. Répartition géographique

Marrubium vulgare est originaire de l'Eurasie tempérée, de l'Europe, de Moyen-Orient et de la région méditerranéenne y compris l'Afrique du Nord, et d'Asie occidentale jusqu'en Inde en particulier dans les régions Cachemire. *Marrubium vulgare* est une plante cultivée dans de nombreuses régions des Etats-Unis, notamment en Californie et au Texas, en Amérique du Sud (Argentine, Chili, Pérou, Uruguay), en Nouvelle-Zélande et en Australie (Weiss et Sagliocco, 2012 ; Lodhi et al., 2017).

En Algérie, on dénombre sept espèces dont deux très communes : *Marrubium vulgare*, dit marrube blanc, répandu dans le nord du pays et connu sous le nom de « El marioua » dans l'est algérien, et *Marrubium deserti*, très commun dans le désert et des hautes plaines steppiques d'Algérie, notamment dans les régions de Ghardaïa et Ouargla (Ghedadba, 2018).

1.1.4. Composition chimique

Les espèces de Lamiacées produisent une variété de composés secondaires, en particulier des huiles essentielles (Guedri et al., 2022). *Marrubium vulgare* produit des traces d'huile essentielle (0,03% et 0,06%) (Acimović et al., 2020), des flavonoïdes, d'esters phénylpropanoïdes, de stéroïdes, de tanins, de saponines et de terpénoïdes (Dar et al., 2020). L'analyse phytochimique de *Marrubium vulgare* a également révélé la présence des monoterpènes, sesquiterpènes et triterpènes (Acimović et al., 2020).

1.1.5. Propriétés thérapeutiques

Marrubium vulgare est largement utilisé en médecine traditionnelle comme médicament hypotensif, hypoglycémiant (Guedri et al., 2022), analgésique, vasorelaxant, antispasmodique, et antidiabétique (Mittal et Nanda, 2017). *Marrubium vulgare* est un excellent antioxydant, ce qui le rend potentiellement utile dans le traitement du cancer, du diabète et des maladies du foie. De plus, il a un potentiel anti-inflammatoire, cicatrisant. Il possède des activités antimicrobiennes, notamment contre les bactéries Gram+, les champignons, les virus et les parasites. En médecine vétérinaire, il est utilisé comme anthelminthique et antibiotique (Aćimović et al., 2020).

1.2. *Rosmarinus officinalis* L.

1.2.1. Classification botanique

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Magnolipsides

Sous-classe : Astérides

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Rosmarinus*

Espèce : *Rosmarinus officinalis* L.

Nom français commun : romarin

Nom anglais : rosemary (Spichiger et al., 2002 ; Andrade et al., 2018)

1.2.2. Description botanique

C'est un arbrisseau rameux, touffu, toujours vert, très aromatique, pouvant atteindre 60 cm à 2 m de haut. Il possède des tiges ligneuses, à écorce brun foncé, se divisant en rameaux opposés tortueux, nœuds distancés de 0,5 à 2 mm, Les feuilles sessiles opposées, étroites et entières, linéaires, à bords recourbé vers le bas, la face supérieure est vert foncé et glabre, la face inférieure est blanche, tomenteuses. Les fleurs sont violettes avec des pointes bleu-violet, groupées par trois ou quatre, disposées en verticilles axillaires. Calice à deux

lèvres, en cloche-elliptique, tomenteux, à 3 lobes pour la lèvre supérieure, 2 lobes pour la lèvre inférieure. Corolle à deux lèvres, tubulaire, bleu clair. Deux étamines proéminentes et des anthères uniloculaires élançées. Le fruit est un tétrakène globuleux brun foncé, lisse. Chaque akène contient des embryons. Il fleurit généralement entre mai et juin et fructifie entre le printemps et l'été (González-Trujano et al., 2007 ; Leplat, 2017 ; Mouas, 2018).



Photo 02 : Partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* L. (Tela botanica, 2023)

1.2.3. Répartition géographique

Rosmarinus officinalis est une plante médicinale originaire de la région méditerranéenne et cultivée dans le monde entier; dans certaines parties de l'Asie (Moyen-Orient, Jordanie), dans la Turquie, le Portugal et le Maroc. Cette plante aromatique existe aussi au Brésil, Mexique, Afrique du Sud (Zaouali et al., 2003; Machado, 2012; Ribeiro-Santos et al., 2015; Borges et al., 2019; De Oliveira et al., 2019).

En Algérie, différentes espèces de romarin sont réparties dans les zones côtières et les plateaux. Il est présent aussi dans la steppe. Selon les couches bioclimatiques on peut le rencontrer à différentes altitudes (Outaleb, 2016; Mouas, 2018)

1.2.4. Composition chimique

Le romarin est une source riche en divers composés phénoliques qui sont responsables de son activité biologique élevée (Švarc-Gajić, 2013). Le romarin est une herbe riche en polyphénols (Bankole et al., 2020), Les grandes familles retrouvées dans le romarin sont les

diterpènes phénoliques (Borrás-Linares et al., 2014), acides phénols (l'acide caféique, l'acide chlorogénique, l'acide rosmarinique), les flavonoïdes, et les huiles essentielles (Wollinger et al., 2016; Mouas, 2018; De Oliveira et al., 2019; Kheiria et al., 2021). Le romarin contient une grande quantité de vitamines et de minéraux. Les composés bioactifs les mieux étudiés sont l'acide carnosique, le carnosol, l'acide caféique, l'acide rosmarinique (Ribeiro-Santos et al., 2015).

1.2.5. Propriétés thérapeutiques

Le romarin, en raison de ses nombreuses propriétés bénéfiques, il est largement utilisé dans de nombreux domaines, notamment l'industrie alimentaire, les cosmétiques et la médecine (Kostas et al., 2022). C'est une espèce végétale aromatique et médicinale la plus couramment utilisée et la plus importante sur le plan économique en raison de ses huiles essentielles et de ses composés phénoliques. *Rosmarinus officinalis* possède la capacité d'atténuer l'asthme, l'athérosclérose, la cataracte, l'hépatotoxicité, l'ulcère gastroduodéal, les maladies inflammatoires et les cardiopathies. Ses actions antioxydants et anti-inflammatoires contrôlent l'hypercholestérolémie et le stress oxydant, et atténuent la douleur physique et mentale, la pression artérielle, la glycémie, l'allergie cutanée. Cette plante a la capacité de traiter les comportements dépressifs (Švarc-Gajić et al., 2013 ; De Oliveira et al., 2019).

1.3. *Salvia officinalis* L.

1.3.1. Classification

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Class : Magnoliopsida

Sous-classe : Astérides

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Salvia*

Espèce: *Salvia officinalis* L.

Nom français commun : sauge

Nom anglais : sage, gréâtsage, garden sage (Spichiger et al., 2002; Meziou-Chebouti et al., 2015; Li et al., 2016).

1.3.2. Description botanique

C'est une plante vivace buissonnante, à hauteur de 0,50 à 1 m, très rameuse et très aromatique, avec des tiges ligneuses à la base, formant un arbuste, aux branches vert blanchâtres, et des feuilles pétiolées opposées, lancéolées et aigues, rugueuses, finement crénelées, pubescentes-grisâtres. Fleurs bleu-violacé, assez grandes, pédicellées de longueur de 3 à 6 cm, verticilles un peu lâches formant une grappe simple. Corolle supérieure bilabée de 2 à 3 cm de long. Calice pubescent bilabié. Les fruits sont des tétrakènes ovoïdes. Cette plante pousse sur des sols chauds dans des collines rocheuses et calcaires, dans les régions ensoleillées (Beloued, 2005 ; Khireddine, 2013 ; Zerrouki, 2017).



Photo 03 : Partie aérienne de *Salvia officinalis* L. (Tela botanica, 2023)

1.3.3. Répartition géographique

La sauge est originaire de la région méditerranéenne, elle pousse sur des sols chauds dans des collines rocheuses et calcaire, dans des terres sèches avec des sols bien drainés, dans les régions tempérées et ensoleillées. La sauge peut être cultivée toute l'année et souvent cultivée dans les jardins comme plante médicinale et condimentaire (Zerrouki, 2017).

Cette espèce aime les sols calcaires chauds, pousse spontanément et elle est cultivée dans tout le bassin méditerranéen, de l'Espagne à la Turquie et l'Afrique du nord (Khireddine, 2013).

La culture de la sauge est pratiquée en Italie, en Grande-Bretagne et aux Etats- unis (Akbar, 2020). En Algérie cette plant est cultivée (Beloued, 2005).

1.3.4. Composition chimique

La Sauge contient 5% de tanin, 5,60% de résine, acides phosphoriques, 9% de pentosane, des traces d'asparagine et 1,5% à 2,5% d'huiles essentielles renfermant de la thylene, bornéol, cinéol, camphre, des terpènes salvines et picrosalvine (Beloued, 2005). *Salvia officinalis* contient environ 1,0 à 2,8% d'huiles essentielles (Zerrouki, 2017).

Les principaux composés phytochimiques ont été bien identifiés dans les fleurs, les feuilles et les tiges de *Salvia officinalis*. Les constituants comprennent les glucides, les acides gras, les dérivés glycosides cardiaques, et saponines. Elle contient aussi des composés phénoliques (coumarines, flavonoïdes, tanins), stéroïdes, monoterpènes, diterpènes, triterpènes et sesquiterpènes (Ghorbani et Esmacilzadeh, 2017).

1.3.5. Propriétés thérapeutiques

Les feuilles de sauge sont bien connues pour leurs propriétés stimulantes, antispasmodiques, diurétiques, cholérétiques et antiseptiques. *Salvia officinalis* est utilisée dans le traitement de la maladie d'Alzheimer (Zerrouki, 2017). Elle est utilisée dans l'industrie des épices et de l'alimentation et comme médicament traditionnel pour traiter de nombreuses maladies infectieuses, et dans le traitement du diabète (Akbar, 2020).

1.4. *Thymus vulgaris* L.

1.4.1. Classification

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Astérides

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : Thymus

Espèce : *Thymus vulgaris* L.

Nom français commun : thym, farigoule

Nom anglais : thyme (Spichiger et al., 2002; Prasanth Reddy et al., 2014; Li et al., 2016).

1.4.2. Description botanique

Thymus vulgaris est une petite herbe thérapeutique appartenant à la famille des Lamiacées (Javed et al., 2013). Les feuilles de thymus sont petites généralement de 2,5 à 5 mm de long, elles sont ovales ou rectangulaires, et varient considérablement en forme et en couvert de poils selon les variétés, les tiges deviennent ligneuses avec l'âge. L'ensemble des parties aériennes (feuilles, tiges, fleurs) contiennent des huiles essentielles (Hossain et al., 2022).



Photo 04 : Partie aérienne de *Thymus vulgaris* L. (Tela botanica, 2023)

1.4.3. Répartition géographique

Le thym est une plante très commune dans le Bassin Méditerranéen, Maghreb, France, Espagne, Italie. Il pousse aussi en Sibérie et en Europe du Nord (Touhami, 2017). Il existe plus de 300 espèces de thymus dans le monde, dont 12 sont localisées en Algérie, 9 espèces sont endémiques, et ces espèces sont réparties du nord algérien à l'Atlas saharien et de Constantine à Oran (Abdelli, 2017).

1.4.4. Composition chimique

Thymus vulgaris est connu par ses huiles essentielles importantes qui contiennent une teneur élevée en monoterpènes et sesquiterpéniques. Le composé principal de son huile essentielle est le thymol (Hossenzadeh et al., 2015).

1.4.5. Propriétés thérapeutiques

Le thym est considéré comme antiseptique, antimicrobien, astringent, vermifuge, carminatif, désinfectant et tonique (Kuete, 2017). Il est utilisé dans le traitement des maladies inflammatoires (Prasanth Reddy et al., 2014).

2. Composés phénoliques

2.1. Définition

Les composés phénoliques sont un groupe de molécules chimiques possédant une structure phénolique, un cycle benzénique aromatique portant au moins un substituant hydroxyle (Patra, 2012). Ce sont des métabolites secondaires des végétaux allant des simples molécules phénoliques tels que les acides phénoliques aux composés de haut poids moléculaire tels que les flavonoïdes et les tanins (Souilah, 2018).

2.2. Biosynthèse

Les voies de biosynthèse des composés phénoliques sont maintenant connues dans leurs grandes lignes (Macheix, 1996). La première est la voie du shikimate qui donne naissance aux acides aminés aromatiques et leurs dérivés (acide benzoïque, coumarines, lignanes, lignines, etc). La deuxième voie est celle de la condensation de groupements acétates conduisant à la formation d'un noyau aromatique. Les deux voies sont simultanément impliquées dans la production de flavonoïdes, composés mixtes, et à la diversité structurale des polyphénols (Souilah, 2018).

2.3. Importance des composés phénoliques

2.3.1. Activité antioxydante

Les polyphénols se présentent généralement sous la forme de glycosides, bien que l'activité biologique soit attribuée à la structure génine. On pense que l'activité antioxydante de ces composés est due à leurs propriétés redox élevées et à leur structure chimique, qui

peuvent être responsables de la neutralisation des radicaux libres et de la chélation des métaux (Christaki et al., 2012).

2.3.2. Activité antimicrobienne

Les composés phénoliques, avec des groupes hydroxyle sur le cycle benzénique, ont la plus forte activité antibactérienne. De plus, les métabolites secondaires non phénoliques présents dans les huiles essentielles ont une capacité antimicrobienne variable (Christaki et al., 2012).

2.3.3. Activité antitumorale

Les polyphénols ont le potentiel d'exercer des effets anticancéreux par le biais de plusieurs mécanismes, notamment l'annulation de la signalisation des cellules cancéreuses, les agents cancérigènes et la progression du cycle cellulaire, la promotion de l'apoptose et la modulation de l'activité enzymatique.

2.3.4. Propriétés cardiovasculaires

Des études approfondies et des expérimentations sur l'homme ont montré que les aliments riches en polyphénols tels que les légumes, les fruits, le cacao et le thé possèdent des propriétés thérapeutiques contre les maladies cardiovasculaires (Abbas et al., 2017).

2.3.5. Propriétés physiologiques

Les composés phénoliques ont d'excellents effets régulateurs sur de nombreux processus du métabolisme, du système endocrinien et de la transduction du signal des cellules du tissu adipeux (Bahadoran et al., 2013).

2.4. Différentes classes des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont un groupe de substances actives qui ont une structure phénolique, c'est-à-dire un noyau benzénique aromatique portant au moins un radical hydroxyle. Ce groupe important et diversifié de substances est classé en de nombreuses sous-classes en fonction de leur structure chimique et de leur présence dans les plantes.

Les sous-classes des composés phénoliques les plus courantes sont les phénols simples, les acides phénoliques, les coumarines, les flavonoïdes, les tanins, etc (Patra, 2012).

Les acides phénoliques se caractérisent par la présence d'un acide carboxylique, la majorité dérivent de l'acide cinnamique et benzoïque (Patra, 2012).

Les coumarines sont des hétérocycles oxygénés, naturellement présentes dans de nombreuses familles de plantes (Apiaceae, Astéracée, Papilionaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Rutaceae et Solanaceae) et de microorganismes (Patra, 2012).

Les flavonoïdes constituent l'un des plus grands groupes de métabolites secondaires présents dans diverses espèces végétales (Patra, 2012). Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont, en partie, responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Muanda, 2010), Ils possèdent d'importantes propriétés antioxydants, bénéfiques pour la santé. Les principales classes de flavonoïdes sont : flavones, flavonols, flavanones, flavan-3-ol, isoflavone, anthocyanidines, la majorité des flavonoïdes sont généralement conjugués à des sucres sous forme de glycosides (Patra, 2012).

Les tanins sont un groupe de composés polyphénoliques très abondants dans les plantes, Ils sont des molécules hautement hydroxylées qui peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont liés aux glucides, aux protéines et aux enzymes. Ils sont constitués généralement de deux types : tanins hydrolysables et tanins condensés (Muanda, 2010 ; Patra, 2012).

2.5. Méthodes d'extraction des composés phénoliques

2.5.1. Extraction liquide sous pression

Cette méthode est appelée aussi "extraction par solvant accélérée. C'est la méthode moderne développée pour l'extraction des substances bioactives, qui garantit un processus d'extraction rapide en utilisant un faible volume de solvants. Elle nécessite l'utilisation d'une température et d'une pression élevées. Une haute pression de 3,3 à 20,3 MPa est utilisée en combinaison avec une haute température de 40 à 200°C pour faciliter la désorption et la solubilité des molécules dans le solvant. L'extraction par liquide sous pression est une méthode d'extraction courante. Plusieurs solvants et leurs mélanges sont utilisés pour extraire les composants phénoliques de diverses plantes : méthanol, éthanol et leurs combinaisons avec de l'eau (Alara et al., 2021).

2.5.2. Extraction par solvant

Les composés phénoliques sont principalement extraits à l'aide de solvants organiques et de leurs formulations aqueuses. Certains solvants de polarité différente sont couramment

utilisés pour extraire les polyphénols : méthanol, chloroforme, n-hexane, éthanol, acétate d'éthyle et acétone. De plus, les extractions séquentielles impliquent une distillation fractionnée d'extraits bruts en utilisant des solvants plus polaires pour obtenir des extractions de gamme plus élevée. Le choix du solvant doit être basé sur sa puissance, polarité, température d'ébullition, stabilité. Les solvants les plus polaires sont généralement plus performants pour l'extraction des polyphénols (Alara et al., 2021).

L'eau est un solvant fortement polaire dans les conditions ambiantes. Il est également moins cher que les solvants organiques, et il est considéré parmi les meilleurs solvants pour l'extraction des polyphénols (Vuong et al., 2013; Chaabani, 2019).

L'éthanol, un solvant polaire, extrait efficacement les flavonoïdes, les glycosides, les catéchols et les tanins des végétaux, mais la solubilité de ces composés peut être améliorée avec un solvant mixte pour accroître les rendements d'extraction (Gourguillon et al., 2016).

L'acétate d'éthyle, un des meilleurs solvants pour extraire les polyphénols, est capable d'extraire sélectivement les proanthocyanidines (Spigno et al., 2007).

Plusieurs méthodes sont également utilisées pour extraire les polyphénols comme l'extraction assistée par micro-ondes, extraction assistée par ultrasons, extraction au CO₂ supercritique et extraction assistée par enzymes (Alara et al., 2021).



Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal

Les quatre plantes ont été récoltées de deux régions différentes du nord-est de l'Algérie. Les parties aériennes (tiges, feuilles et fleurs) de *T. vulgaris*, *M. vulgare* et *R. officinalis* ont été collectées au stade floraison de la région de Ain Beida. Celles de *S. officinalis* ont été collectées de la région de Constantine.

2. Extraction des composés phénoliques et tanins condensés

Cette étape consiste à extraire le maximum de molécules polyphénoliques contenant dans les parties aériennes de la plante en utilisant des solvants organiques et aqueux qui accélèrent et augmentent le rendement d'extraction. Elle est basée sur la spécificité et la polarité des solvants organiques vis-à-vis des molécules polyphénoliques contenant dans le résidu obtenu.

Les parties aériennes ont été lavées à l'eau distillée et séchées à la température ambiante. Ensuite la matière végétale sèche de chaque plante a été broyée pour obtenir une fine poudre (Hayat et al., 2020).

L'extraction des polyphénols a été réalisée par macération à froid de 1g de la poudre végétale de chaque plante dans un mélange méthanol- eau (70/30), cette macération est répétée 3 fois en renouvelant le solvant chaque 24h. Les macéras hydroalcooliques ont été réunis et filtrés, puis évaporés presque à sec sous pression par un évaporateur rotatif. Le résidu a été dilué par l'eau distillée jusqu'à un volume de 100 ml et filtré par papier Wathman. Après une décantation, la phase liquide a été récupérée pour subir des affrontements par des solvants de polarité croissante : éther de pétrole, acétate d'éthyle, n-butanol (Madi, 2010). Après évaporation de chaque fraction, acétate d'éthyle et n-butanol, l'extrait sec a été dilué par l'eau distillée.

Outre cette extraction, 1 g de matière sèche végétale de chaque plante a été macéré à froid dans l'eau distillé et 1 g dans un mélange d'éthanol et de l'eau distillée (70/30) pendant 24h. Les macéras ont été filtrés et évaporés à sec sur un bain-marie, puis l'extrait sec a été dilué par l'eau distillée.

3. Dosage des phénols totaux et tanins condensés

Le teneur en polyphénols totaux et tanins condensés dans les quatre extraits aqueux et organiques (éthanol, acétate d'éthyle, butanol) de chaque plante a été déterminée par la

méthode de Folin-Ciocalteu (Boizot et Charpentier, 2006 ; Aufrere et al., 2012 ; Moussa et al., 2022).

Un ml de chaque extrait de chaque plante est ajouté à 5 ml du réactif de Folin Ciocalteu, puis 4 ml de Na_2CO_3 sont ajoutés, après agitation, l'ensemble est incubé à la température ambiante pendant 10 min. L'absorbance est lue à 765 nm par un spectrophotomètre.

La concentration des polyphénols totaux et tanins est calculée en se référant à une courbe d'étalonnage établie par l'acide gallique et l'acide tannique respectivement.

Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique et acide tannique par gramme de l'extrait sec de la plante (mg EAG/g, mg EAT/g d'extrait sec) (Figure 1, 2).

La concentration des composés phénoliques et tanins est calculée selon la formule suivante :

$$T = C \times V / M$$

T : La teneur en phénols totaux, ou tannins condensés en (mg EAG/g, mg EAT/g d'extrait sec).

C : concentration de phénols totaux, ou tannins obtenue à partir de la courbe d'étalonnage en (mg/ ml).

V : volume de l'extrait dilué

M : poids sec de l'extrait.

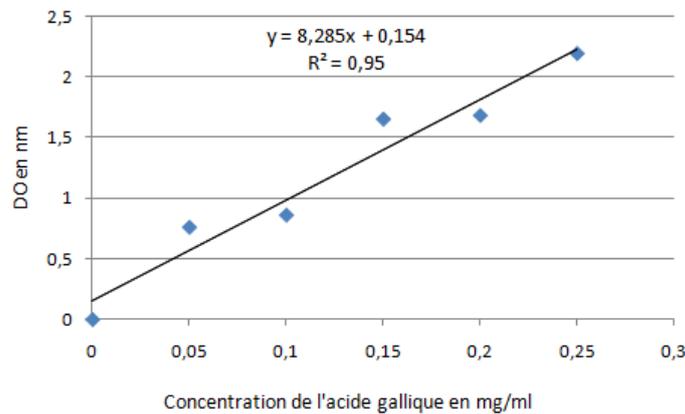


Figure 1. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

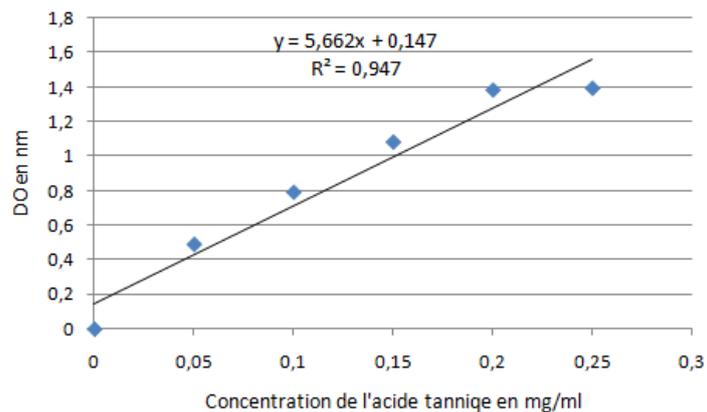


Figure 2. Courbe d'étalonnage de l'acide tannique

4. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été traités par une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur pour déterminer l'effet des solvants organiques et l'eau sur le rendement des phénols totaux et tanins condensés à une probabilité ($P < 0.05$).

Résultats et discussion

1. Teneur en phénols totaux et tanins

1.1. *Rosmarinus officinalis*

Les résultats obtenus ont montré que les quatre extraits n'ont pas présenté un effet significatif ($P > 0.05$) sur la teneur en phénols totaux, alors que leur effet était significatif sur la teneur en tanins ($P < 0.05$). La teneur des composés phénoliques est entre 0.11 et 0.18 mg EAG/g MS. L'extrait d'acétate d'éthyle, butanol et éthanol ont montré des concentrations élevées des tanins : 0.25, 0.20, 0.22 mg EAT/g MS, tandis que l'extrait aqueux a présenté une concentration plus faible 0.15 mg EAT/g MS (Figure 3, 4).

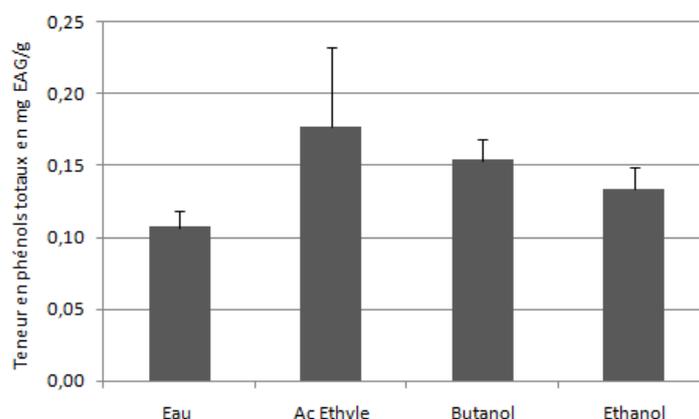


Figure 3. Teneur en phénols totaux dans différents extraits de *Rosmarinus officinalis*

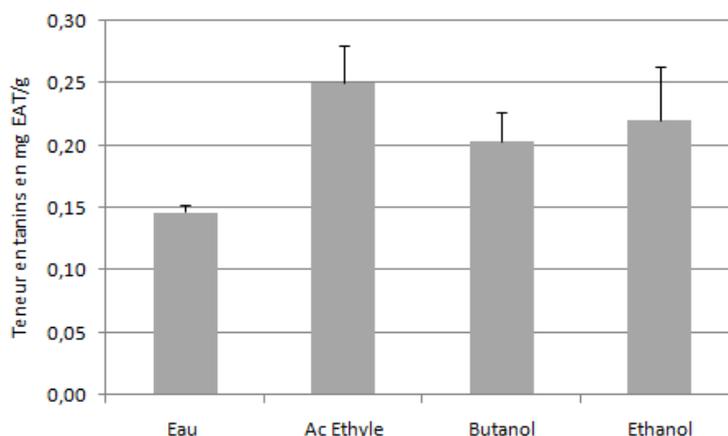


Figure 4. Teneur en tanins dans différents extraits de *Rosmarinus officinalis*

1.2. *Marrubium vulgare*

Les quatre extraits ont montré des effets très hautement significatifs sur la concentration des composés phénoliques et des tanins ($P < 0.001$). La concentration des composés phénoliques était très faible dans l'acétate d'éthyle, butanol et éthanol : 0.027, 0.047, 0.033 mg EAG/g MS. Alors que l'extrait aqueux n'a produit aucune concentration.

La concentration des tanins était aussi faible dans les quatre solvants : 0.013 et 0.007 mg EAT/g MS dans l'eau et l'éthanol, et elle s'élève légèrement dans l'acétate d'éthyle et le butanol : 0.060 et 0.053 mg EAT/g MS (Figure 5, 6).

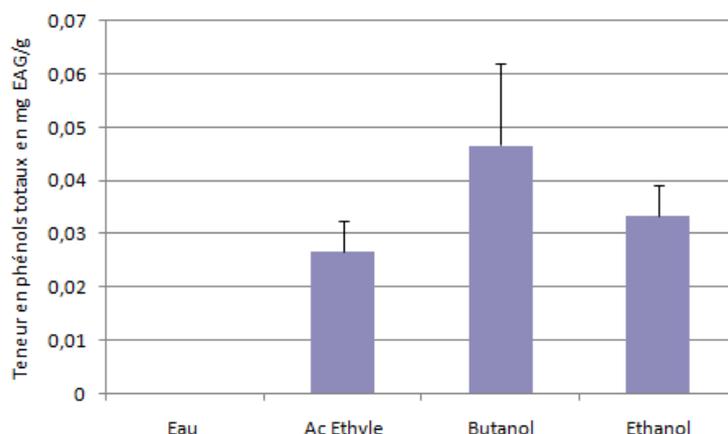


Figure 5. Teneur en phénols totaux dans différents extraits de *Marrubium vulgare*

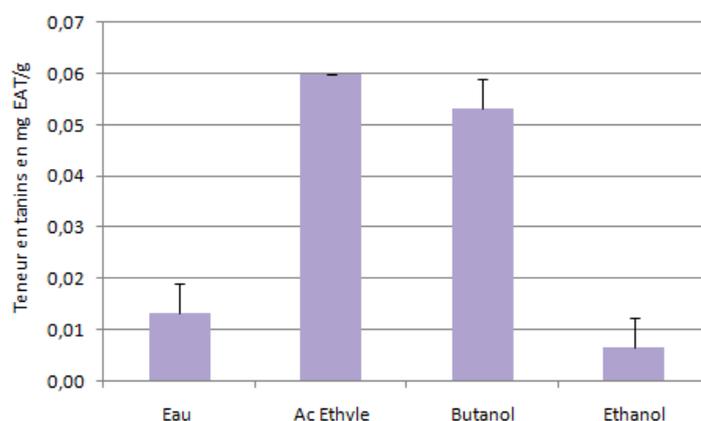


Figure 6. Teneur en tanins dans différents extraits de *Marrubium vulgare*

1.3. *Thymus vulgaris*

L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les quatre solvants organiques ($P < 0.001$). L'extrait aqueux et l'extrait éthanolique ont montré des teneurs en phénols totaux et tanins plus élevées de 0.25, 0.21 mg EAG/g MS ; 0.30, 0.33 mg EAT/g MS respectivement en comparaison avec l'acétate d'éthyle et le butanol qui ont présenté des concentrations plus faibles (Figure 7, 8).

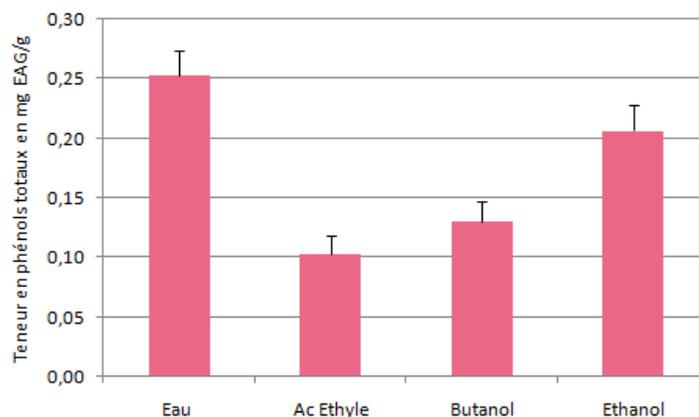


Figure 7. Teneur en phénols totaux dans différents extraits de *Thymus vulgaris*

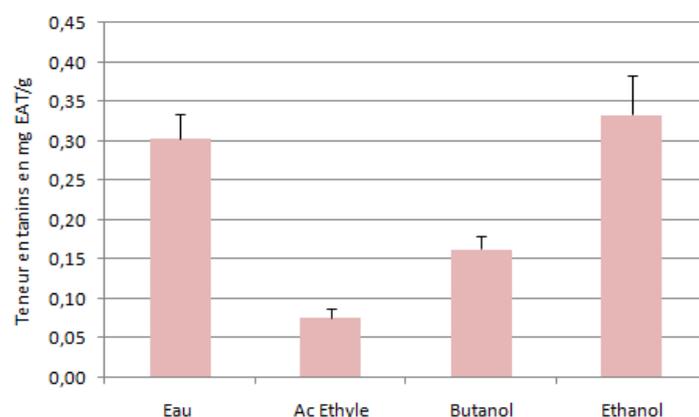


Figure 8. Teneur en tanins dans différents extraits de *Thymus vulgaris*

1.4. *Salvia officinalis*

L'analyse statistique a présenté des différences très hautement significatives entre les quatre extraits ($P < 0.001$). L'acétate d'éthyle a présenté la meilleure concentration des composés phénoliques et des tanins : 0,14 mg EAG/g MS et 0,10 mg EAT/g MS suivi du butanol, éthanol et l'eau qui ont présenté des teneurs plus faible (Figure 9, 10).

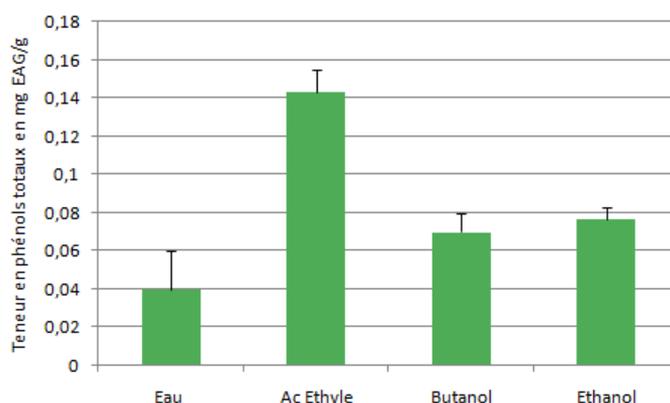


Figure 9. Teneur en phénols totaux dans différents extraits de *Salvia officinalis*

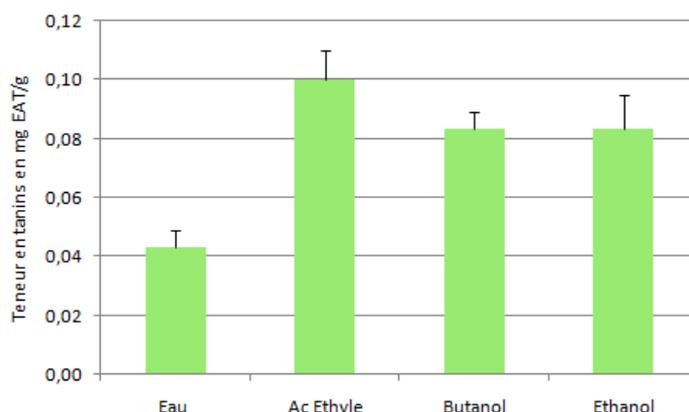


Figure 10. Teneur en tanins dans différents extraits de *Salvia officinalis*

Chez *Rosmarinus officinalis*, la teneur en composés phénoliques de l'extrait aqueux était très faible. Afonso et al. (2013) ont obtenu une concentration plus élevée que notre résultat (16.67 mg EAG/g). L'extrait d'acétate d'éthyle a donné une teneur plus élevée en composés phénoliques par rapport aux autres solvants ; le même résultat a été signalé par Kamli et al. (2022). La teneur en composés phénolique obtenue chez *Rosmarinus officinalis* est inférieure aux celles obtenues par plusieurs auteurs. Hcini et al. (2021) ont évalué une quantité de 85.8 à 137.3 mg EAG/g dans les extraits de romarin. Kabubii et al. (2023) ont obtenu des concentrations de 39.71 et 24.91 mg EAG /g dans l'extrait de l'éthanol et l'extrait aqueux respectivement chez *Rosmarinus officinalis*. La teneur en tanins condensés est également plus faible dans l'extrait d'éthanol et l'extrait aqueux que les concentrations obtenues par Kabuki et al. (2023) qui ont rapporté des valeurs de 4.27 mg EAT /g et 19.88 mg EAT/g respectivement chez la même espèce végétale.

Les concentrations des composés phénoliques et des tanins condensés enregistrées sont très faibles chez *Marrubium vulgare* en comparaison avec plusieurs études. L'extrait d'éthanol a produit une quantité plus faible que celles obtenues par Mssillou et al. (2021) qui ont rapporté des concentrations de 98.77 mg EAG/g chez la même espèce. Bouterfas et al. (2014) ont montré que les quantités maximales de composés phénoliques totaux (293.34 mg EAG /g) ont été obtenues avec un mélange méthanol/eau (60%) chez des variétés collectées de la région semi aride du Nord-ouest algérien.

Bouterfas et al.(2016) ont également obtenu une teneur en composés phénoliques de 40.7-160 mg EAG/g chez *Marrubium vulgare* collecté de trois zones géographiques différentes dans le Nord-ouest algérien.

Hayat et al. (2020) ont évalué des quantités en phénols totaux élevés dans l'extrait de l'acétate d'éthyle (19.01 µg EAG /mg) et l'extrait d'éthanol (17.6 µg EAG /mg) ; alors que l'extrait aqueux a pu produire une faible quantité avec une concentration de 0.27 µg EAG /mg.

Hayat et al. (2020) ont également obtenu de l'extrait aqueux des teneurs en tanins les plus faibles avec une concentration de 2.73 µg EC/mg ; l'extrait d'acétate d'éthyle a produit une teneur en tanins la plus élevée avec une concentration de 230.93 µg EC/mg, suivi de l'éthanol (28.98 µg EC/mg). Bouterfas et al. (2014) ont rapporté une teneur en tanins condensés de 28.15 mg EC/g dans 60 % acétone.

Différentes études ont rapporté des quantités plus élevées en composés phénoliques et en tanins condensés dans différents types d'extraits de *Thymus vulgaris*. Roby et al. (2013) ont montré des teneurs de 7.30 mg EAG/g chez *Thymus vulgaris* dans l'extrait d'éthanol.

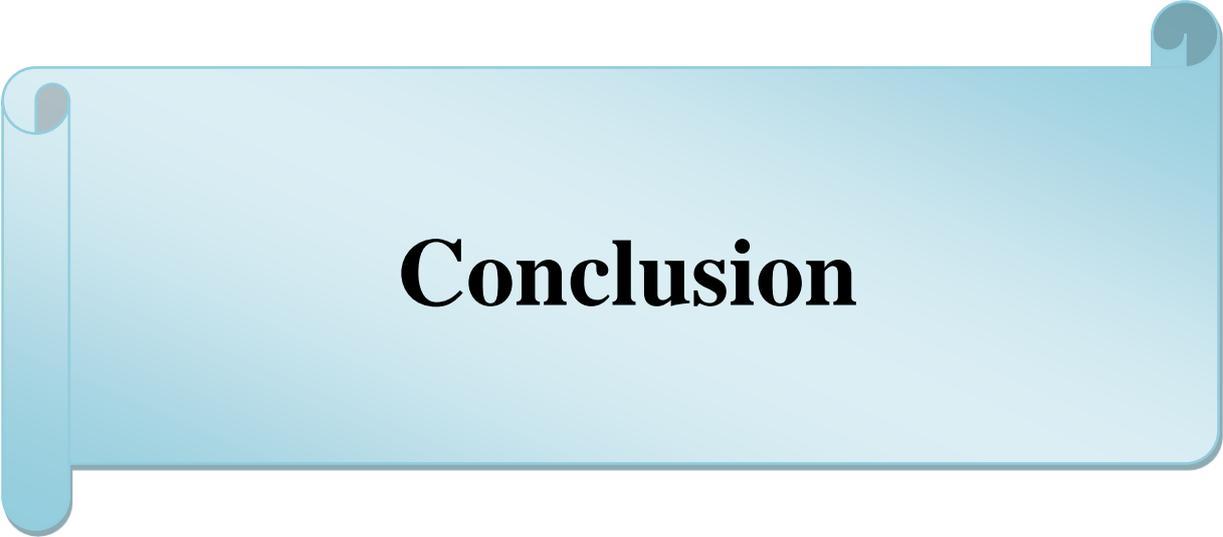
Köksal et al. (2017) ont obtenu des teneurs en composés phénoliques, dans l'extrait aqueux et l'éthanol, de 256 µg EAG/mg et de 158 µg EAG/mg respectivement. Amamra et al. (2018) ont obtenu une teneur, dans l'extrait d'acétate d'éthyle, de 221.48 µg EAG/mg et dans l'extrait de butanol une teneur de 12.6 µg EAG/mg. Zeghad et Merghem (2013) ont enregistré une quantité de polyphénols de 9.07 mg/g chez *T. vulgaris*. Concernant la teneur en tanins, Durgadevi et al. (2013) ont publié des concentrations de 63.23 mg EAT/g sur la même espèce végétale.

Les concentrations des composés phénoliques et des tanins enregistrées sont aussi faibles chez *Salvia officinalis* dans tous les extraits en comparaison avec la littérature.

Roby et al. (2013) ont rapporté une concentration en polyphénols de 5.80 mg EAG/g dans l'éthanol et Maliki et al. (2021) ont obtenu une teneur de 13.87mg EAG/g dans l'extrait aqueux. Khiya et al. (2021) ont évalué une teneur de 170.5 mg EAG/g dans l'extrait d'acétate d'éthyle. En outre, Maliki et al. (2021) ont rapporté une concentration très faible en tanins de 0.18 µg EC/g dans l'extrait aqueux. Alors que Khiya et al. (2021) ont obtenu une teneur de tanin plus élevée dans l'acétate d'éthyle (0.42 mg EC/g).

Bien que nos résultats ne concordent pas avec les études citées ci-dessus, en ce qui concerne les quantités obtenues de phénols totaux et des tanins, ils concordent avec celles-ci en ce que la solution d'acétate produit la plus grande teneur en composés phénoliques et/ou tanins et la solution aqueuse en produit une teneur faible. Ceci était évident chez *Rosmarinus officinalis*, *Marrubium vulgare* et *Salvia officinalis*.

En général, la teneur en polyphénols et tanins varie en fonction de plusieurs facteurs tels que les conditions géographiques et climatiques où la plante a poussé, le type de l'extrait (organique, aqueux) et la polarité des solvants (Hayat et al., 2020). La variabilité quantitative des polyphénols des espèces végétales étudiées peut être due à la variabilité qualitative des molécules phénoliques dans les extraits végétaux, la variabilité génotypique, conditions biotiques (variétés, organes, stades physiologiques), conditions abiotiques (nature du sol) (Khiya et al., 2021).



Conclusion

Conclusion

L'Afrique du Nord, y compris l'Algérie, est connue pour sa large variété d'espèces de plantes médicinales. Les plantes médicinales et aromatiques sont à la base de la médecine traditionnelle dans le monde entier depuis des milliers d'années. Les plantes aromatiques les plus utilisées : romarin, sauge, thym, marrube blanc, etc. sont toutes originaires ou très communes dans la région méditerranéenne. Elles synthétisent de nombreux molécules bioactives comme les huiles essentielles et les composés phénoliques possédant des propriétés biologiques très marquées : antibactériennes, antioxydantes, antiparasitaires, antiprotozoaires, antifongiques et antiinflammatoires.

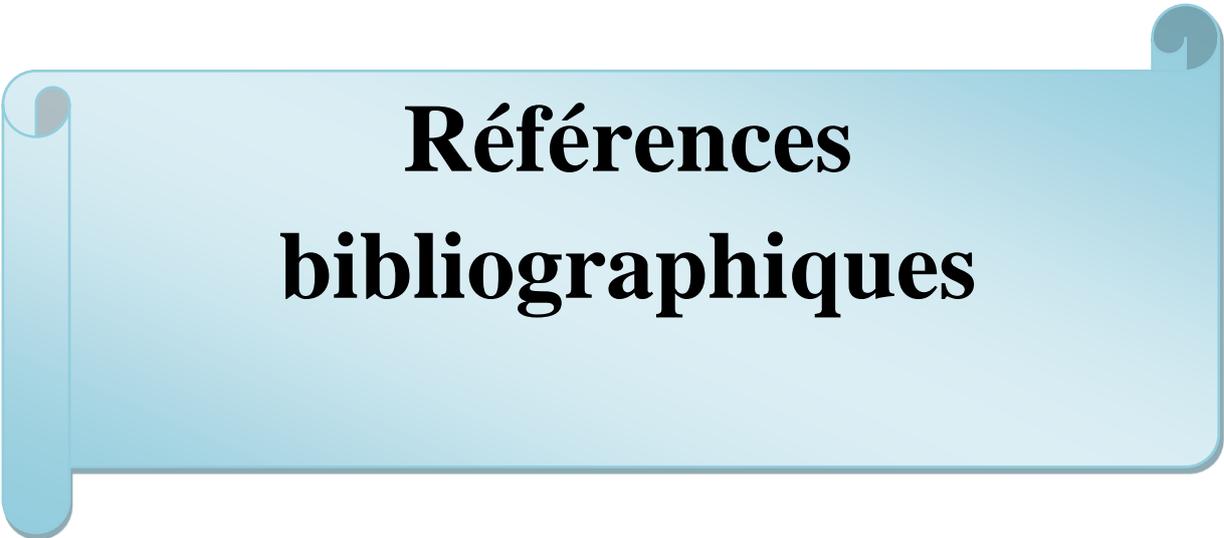
Dans ce travail, nous avons évalué la teneur en phénols totaux et tanins dans quatre extraits différents aqueux et organiques chez quatre plantes médicinales qui poussent spontanément en Algérie : *Marrubium vulgare* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Salvia officinalis* L., *Thymus vulgaris* L. Nous avons obtenu les résultats suivants :

- Les quatre extraits n'ont pas présenté un effet significatif sur la teneur en phénols totaux, alors qu'ils ont montré un effet significatif sur la teneur en tanins chez *Rosmarinus officinalis*.
- Tous les extraits ont montré des effets très hautement significatifs sur la concentration des composés phénoliques et tanins chez *Marrubium vulgare*. Le butanol et l'acétate d'éthyle ont légèrement augmenté le rendement des composés phénoliques et tanins respectivement.
- Les solvants ont présenté des différences très hautement significatives. L'extrait aqueux et l'extrait éthanolique ont montré des teneurs en phénols totaux et tanins plus élevées que les autres solvants chez *Thymus vulgaris*.
- Les extraits ont présenté des différences très hautement significatives. L'acétate d'éthyle a présenté la meilleure concentration de composés phénoliques et tanins par rapport aux autres solvants chez *Salvia officinalis*.

Bien que les quantités des composés phénoliques et tanins sont faibles dans tous les extraits, les concentrations obtenues révèlent que l'acétate d'éthyle et le butanol pourraient constituer des solvants appropriés pour *Rosmarinus officinalis*, *Marrubium vulgare* et *Salvia officinalis* ; l'eau et l'éthanol pourraient être utilisés pour *Thymus vulgaris*.

Conclusion

La teneur en polyphénols totaux varie qualitativement et quantitativement entre les variétés de la même espèce végétale en fonction de plusieurs facteurs : la méthode d'extraction, les types de solvants utilisés, le climat, le sol, l'habitat de la plante (Hayat et al., 2020) ; la période de la récolte, le stade de développement de la plante et le gynotype (Madi, 2010).



**Références
bibliographiques**

(A)

Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M. S., Suleria, H. A. R. (2017). Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1689-1699.

Abdelli, W. (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse doctorat. Faculté des sciences de la nature. Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, 214 P.

Aćimović, M., Jeremić, K., Salaj, N., Gavarić, N., Kiproovski, B., Sikora, V., Zeremski, T. (2020). *Marrubium vulgare* L.: A phytochemical and pharmacological overview. *Journal of molecular chemistry* 25(12), 2898.

Afonso, M. S., de O Silva, A. M., Carvalho, E. B., Rivelli, D. P., Barros, S. B., Rogero, M. M., Mancini-Filho, J. (2013). Phenolic compound from Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) attenuate oxidative stress and reduce blood cholesterol concentrations in diet-induced hypercholesterolemic rats. *Nutrition & metabolism*, 10, 1-9.

Akbar, S. (2020). *Handbook of 200 medicinal plants: a comprehensive review of their traditional medical uses and scientific justifications*. Springer.

Alara, O. R., Abdurahman, N. H., Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction des composés phénoliques : un bilan. *Recherche actuelle en science alimentaire*, 4, 200-214.

Amamra, S., Cartea, M. E., Belhaddad, O. E., Soengas, P., Baghiani, A., Kaabi, I., Arrar, L. (2018). Determination of total phenolics contents, antioxidant capacity of *Thymus vulgaris* extracts using electrochemical and spectrophotometric methods. *Int. J. Electrochem. Sci*, 13(8), 7882-7893.

Andrade, J. M., Faustino, C., Garcia, C., Ladeiras, D., Reis, C. P., Rijo, P. (2018). *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. *Future science OA*, 4(4), FSO283.

Aufrere, J., Theodoridou, K., Baumont, R (2012). Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tannins condensés en milieux tempérés. *INRA Prod Anim* 25 (1), 29-44.

(B)

Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Azizi, F. (2013). Dietary polyphenols as potential nutraceuticals in management of diabetes: a review. *Journal of diabetes & metabolic disorders*, 12, 1-9.

Bankole, V. O., Osungunna, M. O., Souza, C. R. F., Salvador, S. L., Oliveira, W. P (2020). Spray-dried proliposomes: An innovative method for encapsulation of *Rosmarinus officinalis* L. polyphenols. *AAPS Pharm Sci Tech*, 21, 1-17.

Beloued, A (2005). *Plantes médicinales d'Algérie*. Office des publications universitaires, Alger. p 196.

Boizot, N., Charpentier, J. P. J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.

Borges, R. S., Ortiz, B. L. S., Pereira, A. C. M., Keita, H., Carvalho, J. C. T. (2019). *Rosmarinus officinalis* essential oil: A review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. *Journal of ethnopharmacology*, 229, 29-45.

Borrás-Linares, I., Stojanović, Z., Quirantes-Piné, R., Arráez-Román, D., Švarc-Gajić, J., Fernández-Gutiérrez, A., Segura-Carretero, A. (2014). *Rosmarinus officinalis* L. leaves as a natural source of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (11), 20585-20606.

Bouterfas, K., Mehdadi, Z., Benmansour, D., Khaled, M. B., Bouterfas, M., Latreche, A. (2014). Optimization of extraction conditions of some phenolic compound from white horehound (*Marrubium vulgare* L.) leaves. *International Journal of Organic Chemistry*, 4 (5), 292-308.

Bouterfas, K., Mehdadi, Z., Elaoufi, M. M., Latreche, A., Benchiha, W. (2016). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoids content variations of leaves extracts of white Horehound (*Marrubium vulgare* Linné) from three geographical origins. In *Annales pharmaceutiques francaises*, p 453- 462. Elsevier Masson.

(C)

Chaabani, E. (2019). Eco-extraction et valorisation des métabolites primaires et secondaires des différentes parties de *Pistacia lentiscus*. Thèse doctorat. Université de Carthage Tunisie, 133 P.

Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Florou-Paneri, P. (2012). Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture*, 2 (3), 228-243.

(D)

Damerdji, A., Chekrouni, I. (2015). Composition et structure des Gastéropodes dans les stations à *Marrubium vulgare* L. (Labiatae) dans les monts de Tlemcen, Algérie. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(2), 85-9

Dar, S. A., Bhushan, A., Gupta, P. (2020). Chemical constituents and pharmacological activities of *Marrubium vulgare* L., an important medicinal herb. *Botanical Leads for Drug Discovery*, 255-275.

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 (1), 5.

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compound. *Food chemistry*, 97 (4), 654-660.

Durgadevi, P., Kalava, S. V. (2013). Investigation on the *in vitro* antioxidant, antimutagenic and cytotoxic potential of *Thymus vulgaris* L. hydro-alcoholic extract. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4 (8), 3157.

(G)

Ghedadba, N. (2018). Contribution à l'étude de l'activité biologique des espèces de *Marrubium vulgare* L et *Marrubium deserti* de Noé *in vitro* et *in vivo*. Thèse de doctorat.

Faculté des sciences de la Nature et de la vie, Université Mustapha Ben-Boulaïd, Batna 2, 136 P.

Ghorbani, A., Esmailizadeh, M. (2017). Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of traditional and complementary medicine*, 7 (4), 433-440.

González-Trujano, M. E., Peña, E. I., Martínez, A. L., Moreno, J., Guevara-Ferer, P., Deciga-Campos, M., López-Muñoz, F. J. (2007). Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *Journal of ethnopharmacology*, 111(3), 476-482.

Gourguillon, L., Destandau, É., Lobstein, A., Lesellier, E. (2016). Comparaison de différentes méthodes d'extraction d'acides dicaféoylquiniques à partir d'une plante halophile. *Comptes Rendus Chimie*, 19(9), 1133-1141.

Guedri Mkaddem, M., Zrig, A., Ben Abdallah, M., Romdhane, M., Okla, M, K., Al-Hashimi, A., Toujours, Y. A., Hegba, M. O. N., Madany, M. M. Y., Hassan, A. H. A., Beemster, G. T. S., AbdElgawad, H. (2022). Variation of the Chemical Composition of Essential Oils and Total Phenols Content in Natural Populations of *Marrubium vulgare* L. *Plants*, 11, 612.

(H)

Hayat, J., Akodad, M., Moumen, A., Baghour, M., Skalli, A., Ezrari, S., & Belmalha, S. (2020). Phytochemical screening, polyphenols, flavonoids and tannin content, antioxidant activities and FTIR characterization of *Marrubium vulgare* L. from 2 different localities of Northeast of Morocco. *Heliyon*, 6 (11), e05609.

Hcini, K., Lozano-Pérez, A. A., Luis Cenis, J., Quílez, M., José Jordán, M. (2021). Extraction and encapsulation of phenolic compound of Tunisian rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in silk fibroin nanoparticles. *Plants*, 10 (11), 2312.

Hossain, M. A., Alrashdi, Y. B. A., Al touby, S. (2022). A review on essential oil analyses and biological activities of the traditionally used medicinal plant *Thymus vulgaris* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 9 (1), 103-111.

Hosseinzadeh, S., Jafarikukhdan, A., Hosseini, A., Armand, R. (2015). The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: a review of *Thymus vulgaris*. International Journal of Clinical Medicine, 6 (9), 635-642.

(J)

Javed, H., Erum, S., Tabassum, S., Ameen, F. (2013). An overview on medicinal importance of *Thymus vulgaris*. Journal of Asian Scientific Research, 3(10), 974-982.

(K)

Kabubii, Z. N., Mbaria, J. M., Mathiu, M. P., Wanjohi, J. M., Nyaboga, E. N. (2023). Evaluation of seasonal variation, effect of extraction solvent on phytochemicals and antioxidant activity on *Rosmarinus officinalis* grown in different agro-ecological zones of Kiambu County, Kenya. CABI Agriculture and Bioscience, 4 (1), 1-10.

Kamli, M. R., Sharaf, A. A. M., Sabir, J. S., & Rather, I. A. (2022). Phytochemical screening of *Rosmarinus officinalis* L. as a potential anticholinesterase and antioxidant–medicinal plant for cognitive decline disorders. Plants, 11(4), 514.

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.

Khireddine, H. (2013). Comprimés de poudre de dattes comme support universel des Principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse de doctorat. Faculté des sciences d'ingénieur, Université M'hamed Bougara –Boumerdes, 140 P.

Khiya, Z., Oualcadi, Y., Gamar, A., Berrekhis, F., Zair, T., Hilali, F. E. (2021). Correlation of total polyphenolic content with antioxidant activity of hydromethanolic extract and their fractions of the *Salvia officinalis* leaves from different regions of Morocco. Journal of Chemistry, 1-11.

Köksal, E., Bursal, E., Gülçin, İ., Korkmaz, M., Çağlayan, C., Gören, A. C., & Alwasel, S. H. (2017). Antioxidant activity and polyphenol content of Turkish thyme (*Thymus vulgaris*)

monitored by liquid chromatography and tandem mass spectrometry. *International Journal of Food Properties*, 20 (3), 514-525.

Kostas, S., Kaplani, A., Koulaouzidou, E., Kotoula, A. A., Gklavakis, E., Tsoulpha, P., Hatzilazarou, S., Nianiou-Obeidat, I., Kanellis, K. A., Economou, A. (2022). Sustainable Exploitation of Greek *Rosmarinus officinalis* L. Populations for Ornamental Use through Propagation by Shoot Cuttings and In Vitro Cultures. *Sustainability journal MDPI*, 14 (7), 4059.

Kuete, V. (2017). *Medicinal spices and vegetables from Africa: therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases*. Academic Press.

(L)

Leonti, M., Sticher, O., Heinrich, M. (2003). Antiquity of medicinal plant usage in two Macro-Mayan ethnic groups (Mexico). *Journal of ethnopharmacology*, 88 (2-3), 119-124.

Leplat, M. M (2017). *Le Romarin, Rosmarinus officinalis* L., une Lamiacée médicinale de la garrigue provençale. Thèse doctorat. Faculte de pharmacie de Marseille, p 50-53.

Li, B., Cantino, P. D., Olmstead, R. G., Bramley, G. L., Xiang, C. L., Ma, Z. H., Zhang, D. X. (2016). A large-scale chloroplast phylogeny of the Lamiaceae sheds new light on its subfamilial classification. *Scientific reports*, 6 (1), 34343

Lodhi, S., Vadnere, G. P., Sharma, V. K., Usman, M. R. (2017). *Marrubium vulgare* L.: A review on phytochemical and pharmacological aspects. *Journal Intercult Ethnopharmacol*, 6(4), 429-452.

(M)

Machado, D. G., Cunha, M. P., Neis, V. B., Balen, G. O., Colla, A. R., Grando, J., Brocardo, P. S., Bettio, L. E. B., Dalmarco, J. B., Rial, D., Prediger, R. D., Pizzolatti, M. G., Rodrigues, A. L. S. (2012). *Rosmarinus officinalis* L. hydroalcoholic extract, similar to fluoxetine, reverses depressive-like behavior without altering learning deficit in olfactory bulbectomized mice. *Journal of ethnopharmacology*, 143 (1), 158-169.

- Macheix, J. J. (1996). Les composés phénoliques des végétaux : quelles perspectives à la fin du XXème siècle ? .Acta botanica gallica. 143 (6), 473-479.
- Madi, A. (2010). Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. Mémoire de magister, Université Mentouri, Constantine, 116 P.
- Maliki, I., Moussaoui, A. E., Ramdani, M., ELBadaoui, K. (2021). Phytochemical screening and the antioxidant, antibacterial and antifungal activities of aqueous extracts from the leaves of *Salvia officinalis* planted in Morocco. Moroccan Journal of Chemistry, 9 (2), 9-2.
- Meziou-Chebouti, N., Merabet, A., Behidj, N., Bissaad, F. Z. (2015). The antimicrobial activity of the essential oil of *Salvia officinalis* harvested in boumerdes. International Journal of Chemical and Molecular Engineering, 8 (11), 1276-1279.
- Mouas, Y. (2018). Effet comparatif des paramètres physiologiques, biochimiques et thérapeutiques de Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.). Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de la nature et de la vie, Université Saad Dahleb de Blida, 132 P.
- Moussa, M. T. B., Cherif, R. A., Lekhal, S., Bounab, A., Hadeif, Y. (2022). Dosage des composés phénoliques et détermination de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Brochia cinerea* VIS de l'Algérie (Sud-Est). Algerian journal of pharmacy. 2602–975X
- Mittal, V., Nanda, A. (2017). Intensification of marrubiin concentration by optimization of microwave-assisted (low CO₂ yielding) extraction process for *Marrubium vulgare* using central composite design and antioxidant evaluation. Pharmaceutical biology, 55 (1), 1337-1347.
- Muanda, F. N. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine-Metz, France, 238 P.
- Mssillou, I., Agour, A., Hamamouch, N., Lyoussi, B., Derwich, E. (2021). Chemical Composition and In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Marrubium vulgare* L. The Scientific World Journal.

(O)

Outaleb, T. (2016). Extraits de romarin d'Algérie (*Rosmarinus officinalis* L. et *Rosmarinus tournefortii* De Noé) : Analyse chimique et activités antioxydants et antimicrobiennes. Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach, Alger, p 6-7.

(P)

Patra, A. K. (2012). An overview of antimicrobial properties of different classes of phytochemicals. Dietary phytochemicals and microbes, 1-32.

Phillipson, J. D. (2001). Phytochemistry and medicinal plants. *Phytochemistry*, 56 (3), 237-243.

Prasanth Reddy, V., Ravi Vital, K., Varsha, P. V., Satyam, S. (2014). Review on *Thymus vulgaris* traditional uses and pharmacological properties. *Med Aromat Plants*, 3 (164), 2167-0412.

(R)

Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A. H., Khalel, K. I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43, 827-831.

Ribeiro-Santos, R., Carvalho-Costa, D., Cavaleiro, C., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Castilho, M. C., Ramos, F., R. Melo, N., 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.

(S)

Soleimani, M., Arzani, A., Arzani, V., Roberts, T. H. (2022). Phenolic compound and antimicrobial properties of mint and thyme. *Journal of Herbal Medicine*, 100604.

Souilah, N. (2018). Etude de la composition chimique et des propriétés thérapeutiques traditionnelles et modernes des huiles essentielles et des composés phénoliques de quelques espèces du Nord-est algérien. Thèse doctorat en sciences. Faculté des Sciences Exactes. Université des Frère Mentouri Constantine 1, 188 P.

Spichiger, R. E., Figeat-Hug, M., Jeanmonod, D. (2002). Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. PPUR presses polytechniques.

Spigno, G., Tramelli, L., De Faveri, D. M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of food engineering*, 81(1), 200-208.

Stagos, D., Portesis, N., Spanou, C., et al., (2012). Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (11), 4115-4124.

Svarc-Gajić, J., Stojanović, Z., Carretero, A. S., Román, D. A., Borrás, I., Vasiljević, I. (2013). Development of a microwave-assisted extraction for the analysis of phenolic compound from *Rosmarinus officinalis*. *Journal of Food Engineering*, 119 (3), 525-532.

(T)

Tabet Zatl, A. (2018). Caractérisations chimiques et étude biologiques d'extraits de quatre plantes aromatiques " *Daucus. carota ssp. sativus*, *Marrubium vulgare*, *Ballota nigra* et *Cynoglossum cheirifolium*" de la région de Tlemcen. Thèse de doctorat. Faculté des sciences, Université Abou-Bekr belkaid – Tlemcen, 156 P.

Tela botanica : <https://api.tela-botanica.org/img:000072221O.jpg>

Tela botanica: <https://api.tela-botanica.org/img:000277847O.jpg>

Tela botanica: <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-60181-synthese>

Tela botanica: <https://www.tela-botanica.org/2019/09/chroniques-vegetales-le-thym-commun-sur-arte/>

Touhami, A. (2017). Étude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *thymus* récoltées dans les régions de l'est algérien pendant les deux périodes de développement. Thèse doctorat en sciences. Faculté de la science, Université Badji Mokhtar Annaba, 173 P.

Trivellini, A., Lucchesini, M., Maggini, R., Mosadegh, H., Villamarin, T. S. S., Vernieri, P., Pardossi, A. (2016). Lamiaceae phenols as multifaceted compounds: bioactivity, industrial prospects and role of "positive-stress". *Industrial Crops and Products*, 83, 241-254.

(U)

Uritu, C. M., Mihai, C.T, Stanciu, G. D., et al., (2018). Les plantes médicinales de la famille des Lamiacées dans le traitement de la douleur : une revue. *Paine Research and Management Hindawi*, 7801543, 44.

(V)

Valifard, M., Mohsenzadeh, S., Kholdebarin, B., Rowshan, V. (2014). Effects of salt stress on volatile compounds, total phenolic content and antioxidant activities of *Salvia mirzayanii*. *South African Journal of Botany*, 93, 92-97.

Vuong, Q. V., Hirun, S., Roach, P. D., Bowyer, M. C., Phillips, P. A., Scarlett, C. J. (2013). Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts. *Journal of herbal medicine*, 3 (3), 104-111.

(W)

Weiss, J., Sagliocco, J. L. (2012). *Marrubium vulgare* L. (Horehound). Contrôle biologique des mauvaises herbes en Australie, 360-367.

Wollinger, A., Perrin, É., Chahboun, J., Jeannot, V., Touraud, D., Kunz, W. (2016). Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis* L. leaves determined by DPPH assays. *Comptes Rendus Chimie*, 19 (6), 754-765.

(Z)

Zaouali, Y., Messaoud, C., Boussaid, M. (2003). Diversité génétique des populations naturelles de *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) en Tunisie. *Ecologia mediterranea*, 29 (2), 199-215.

Zeghad, N., Merghem, R. (2013). Antioxidant and antibacterial activities of *Thymus vulgaris* L. *Medicinal and Aromatic Plant Research Journal*, 1(1), 5-11.

Zerrouki, K. (2017). L'effet antioxydant de quelques plantes médicinales sur la neurotoxicité et les maladies neurodégénérative dues aux métaux lourds (Etude expérimentale chez la souris). Thèse doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, 272 P.