

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : science de la nature et de la vie (S.N.V)

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Intitulé du thème :

Effet des techniques d'extraction sur le rendement et la teneur en composés phénoliques chez quelques Lamiacées utilisées en phytomédecine de la région de Sidi Bel Abbès.

Présenté par : **BENALI Amina**

BENALI Wafaa

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury	: Mme BENNABI Faiza	(M.C.A/UDL/SBA)
Examineur	: Mme MOUMEN Faiza	(M.C.B/UDL/SBA)
Promoteur	: Mme TOUMI Fawzia	(Professeur/UDL/SBA)
Co-Promoteur	: Mme SOLTANI Yamina	(Docteur/UDL/SBA)

Année universitaire 2019-2020

Session « 01 »



Dédicace

A ma très chère mère

*Quoi que je fasse ou que je te dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit.
Ton affection me couvre, ton bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a
toujours été une source de force pour affronter les différents obstacles.*

A mon très cher père

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail
traduit ma gratitude et mon affection*

*A mes très chères sœurs « **Khadidja** » et « **Aya** »*

Puisse dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite.

*A ma très chère tante « **Leila** »*

*Je te remercie pour ton amour, ton soutien et encouragements tout au long de mes
études.*

A ma grand-mère

Que dieu te garde et te protège.

*A ma très chère amie « **Safaa** »*

*Merci pour ta présence à tous les instants, ta sympathie et ton encouragement que tu
m'as apporté.*

*A ma chère binôme et cousine « **Wafaa** »*

*Je tiens à te remercier pour tous les moments passés ensemble durant toutes les
années d'étude et de recherche pour l'élaboration de notre mémoire.*

*A tous les étudiants du Master II biotechnologie et valorisation des plantes et surtout
mon cher ami « **Zoheir** ».*





Dédicace

*Je dédie ce travail aux plus chers de ma vie
Maman « **Naima** » et mon Papa « **Nouriddine** »
Vous trouvez ici toute ma gratitude pour vos soutiens tout au long de mes études.*

*A mes chers grands parents « **Ba & Mima** »
Que dieu vous garde et vous protège.*

*À ma source de joie et de bonheur, ma grande sœur « **Imene** »
et mon petit frère « **Chiheb** ».*

*Au nom de l'amitié qui nous réunit, et au nom de nos souvenirs inoubliables
à mes chers :*

*« **Amel** », « **Hind** », « **Maya** », « **Safaa** », « **Sara** », « **Ilhem** »,
« **Zoheir** » et « **Oussama** ».*

*Ainsi à tous mes collègues de la promotion
« **Master 2 Biotechnologie Et Valorisation Des Plantes** ».*

*Et enfin, à « **Amina** », ma chère cousine avant d'être binôme
Je te souhaite tout le bonheur du monde.*





Remerciement

Après avoir rendu grâce à Dieu le tout puissant et le miséricordieux, nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce mémoire.

*Nous tenons à remercier Madame **BENNABI Faiza** de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury. Qu'elle trouve ici nos sincères impressions de gratitude et de respect.*

*Que Madame **MOUMEN Faiza**, trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements, de nous avoir fait l'honneur d'être examinatrice et de participer au jury de ce travail.*

*L'encadrement scientifique de ce travail a été assuré par Madame **TOUMI née -BENALI Fawzia**, Professeur à l'Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbés. Nous tenons vivement à lui exprimer notre profonde reconnaissance et gratitude pour sa disponibilité, sa patience, sa compréhension, ses qualités humaines et ses intérêts portés pour notre sujet de recherche. Nous la remercions de nous avoir fait confiance et d'avoir été présente aussi souvent que possible.*

*Nos remerciements vont aussi à Madame, docteur **SOLTANI Yamina** à l'Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes pour son co-encadrement. Nous sommes particulièrement reconnaissantes et honorées d'avoir ménagé son temps pour juger et critiquer ce travail.*

*Enfin, Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à Monsieur **BENYAMINA Abdelfettah** ; Docteur à l'Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes, pour sa bonne humeur, son aide et ses encouragements, ainsi que pour l'attention qu'il a bien voulu porter à ce travail.*

Table des matières

<i>Dédicace</i>	<i>I</i>
<i>Remerciement</i>	<i>III</i>
<i>Table des matières</i>	<i>IV</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>VI</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>VII</i>
<i>Liste d'abréviations</i>	<i>IX</i>
<i>Résumé</i>	<i>XI</i>
<i>ملخص</i>	<i>XII</i>
<i>Abstract</i>	<i>XIII</i>
<i>Introduction</i>	<i>1</i>
<i>Synthèse Bibliographique</i>	<i>4</i>
<i>Chapitre I. Phytothérapie</i>	<i>5</i>
1. Définition	<i>6</i>
2. Histoire et popularité des phytothérapies	<i>6</i>
3. Utilisation des plantes en médecine traditionnelle	<i>7</i>
4. Différents types de la phytothérapie	<i>7</i>
5. Préparations et formes galéniques en phytothérapie	<i>8</i>
<i>Chapitre II. Les Composés Phénoliques</i>	<i>10</i>
1. Généralité.....	<i>11</i>
2. Définition	<i>11</i>
□ Les coumarines	<i>11</i>
□ Les phénols	<i>12</i>
□ Les flavonoïdes	<i>13</i>
□ Les tannins	<i>14</i>
3. Rôles des composés phénoliques	<i>16</i>
4. Effet antioxydant des composés phénoliques	<i>17</i>
<i>Chapitre III. Les Lamiacées</i>	<i>18</i>
1. Définition	<i>19</i>
2. Systématique de la famille des Lamiaceae	<i>20</i>
3. Le thym	<i>20</i>

3.1. Caractéristiques botaniques de <i>Thymus vulgaris</i> L	21
3.2. Répartition géographique	22
3.3. Propriétés thérapeutiques	23
4. Le romarin	23
4.1. Caractéristiques botaniques de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.....	24
4.2. Répartition géographique	25
4.3. Propriétés thérapeutiques	25
5. La lavande.....	25
5.1. Caractéristiques botaniques de <i>Lavandula dentata</i> L.....	26
5.2. Répartition géographique	27
5.3. Propriétés thérapeutiques	27
Partie Expérimentale.....	28
Chapitre I. Matériel Et Méthodes.....	29
1. Matériel végétal	30
1.1. Choix des plantes.....	30
1.2. Extraction	30
1.3. Rendement d'extraction	33
2. Dosage des composés phénoliques	34
2.1. Phénols totaux	34
2.2. Flavonoïdes totaux	34
2.3. Tannins condensés.....	35
3. Activité antioxydante.....	35
Chapitre II. Résultats Et Discussion	37
1. Rendements des extraits	38
2. Dosage des composés phénoliques.....	40
2.1. Phénols totaux	40
2.2. Flavonoïdes totaux	42
2.3. Tannins condensés.....	43
3. Activité antioxydante.....	45
Conclusion.....	50
Références bibliographiques.....	53



Liste des tableaux :

Tableau 01. Valeurs des IC₅₀ (**µg/ml**) des extraits des trois (03) plantes extraient par décoction et macération et des standards de références.....**P48**



Liste des figures :

Figure 1 : Structure chimique d'un exemple de furanocoumarine, le bergaptène. (Macheix <i>et al.</i> , 2005)	P12
Figure 2 : Structure chimique de l'acide rosmarinique (Macheix <i>et al.</i> , 2005).....	P12
Figure 3 : Structure chimique de flavonoïdes de classe flavonols (Kaempférol si R=H où Quercétine si R=OH) (Macheix <i>et al.</i> , 2005).....	P13
Figure 4 : Structure chimique de flavonoïdes de classe flavane-3-ols : catéchine (Macheix <i>et al.</i> , 2005).....	P13
Figure 5 : Structure chimique d'un exemple de tannins hydrolysables Pentagalloylglucose (Macheix <i>et al.</i> , 2005).....	P15
Figure 6 : Exemple de structure chimique d'un tannin condensé (Macheix <i>et al.</i> , 2005)....	P16
Figure 7 : <i>Thymus vulgaris L.</i> (Web master 1).....	P21
Figure 8 : <i>Rosmarinus officinalis L.</i> (Leplat, 2017).....	P24
Figure 9 : <i>Lavandula dentata L.</i> (cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P26
Figure 10 : Plantes utilisées (Cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P30
Figure 11 : Décoction (Cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P31
Figure 12 : Infusion (Cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P31
Figure 13 : Filtration (Cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P32
Figure 14 : Extrait d'éthanol par macération (Cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P32
Figure 15 : Montage de Soxhlet (Cliché Benali A. et Benali W., 2020).....	P33
Figure 16 : Schéma récapitulatif du protocole de l'étude expérimentale.....	P36
Figure 17 : Rendements des extraits des trois plantes (03) exprimés en pourcentage.....	P38
Figure 18 : Aspect physique des extraits des trois plantes (03).....	P39
Figure 19 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux....	P40
Figure 20 : Teneurs en phénols totaux des trois plantes (03) dans différents extraits exprimées en (mg eq AG/g d'extrait).....	P40

Figure 21 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes totaux....	P42
Figure 22 : Teneurs en flavonoïdes totaux des trois plantes (03) dans différents extraits....	P42
Figure 23 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tannins condensés.....	P44
Figure 24 : Teneurs en tannins condensés des trois plantes (03) dans différents extraits.....	P44
Figure 25 : Réaction d'inhibitions du radical libre de DPPH.....	P45
Figure 26 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits des trois(03) plantes obtenus par décoction, et les standards.....	P46
Figure 27 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits des trois(03) plantes obtenues par macération, et des standards.	P47



Liste des abréviations

$\dot{\lambda}_{DPPH}$: Absorbance de la solution du DPPH sans extrait

$\dot{\lambda}_{ex}$: Absorbance en présence d'extrait

Ac : Acide

COOH : Acide carboxylique

AG : Acide gallique

APG 3 : Angiosperms Phylogeny Group 3

FRAP : Capacités réductrices ferriques d'antioxydants (*Ferric reducing/antioxidant power*)

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

C : Carbone

C : Catéchine

cm : Centimètre

HCl : Chlorhydrique

C : Concentration

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%

D : Décoction

°C : Degré Celsius

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

Eq : Equivalent

etc : Et cetera

FT : Flavonoïdes Totaux

g : Gramme

h : Heure

H : Hydrogène

OH : hydroxyle
NaOH : Hydroxyde de sodium
I : Infusion
L : Linné Carl Von
l : Litre
M : Macération
OCH₃ : Méthoxyle
CH₂ : Méthylène
m : Mètre
µg : Microgramme
µl : Microlitre
mg : Milligramme
ml : Millilitre
mm : Millimètre
min : Minute
nm : Nanomètre
NaNO₂ : Nitrite de sodium
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
O : Oxygène
PT : Phénols Totaux
% : Pourcentage
R : Radical
R% : Rendement
S : Soxhlet
TC : Tannins Condensés
AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium
UV : Ultraviolet
VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine
VIS : Visible

Résumé

L'objectif de notre travail est la comparaison des rendements, des teneurs en composés phénoliques et aussi l'activité antioxydante des différents extraits afin d'apprécier l'effet des solvants et des techniques d'extraction utilisées soit à domicile ou au niveau industriel.

On procède dans ce travail à une extraction de nos plantes (thym, lavande, romarin) par l'eau et par l'alcool, en utilisant ainsi différentes méthodes d'extractions. Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par le réactif de Folin-Ciocalteu, la quantification des flavonoïdes par le procédé au trichlorure d'aluminium et hydroxyde de sodium, et celle des tanins condensés par la méthode à la vanilline sous conditions acides. L'activité antioxydante a été testée par la méthode du piégeage des radicaux libres DPPH.

L'extraction par Soxhlet et la décoction ont donné le meilleur rendement soit respectivement une moyenne de 24,72% et 24,24%. La teneur en polyphénols totaux est meilleure chez *Thymus vulgaris* extrait par macération et décoction soit respectivement $100,87 \pm 1,75$ et $100,14 \pm 3,40$ mg Eq AG/g d'extrait, par contre la teneur en flavonoïdes totaux est meilleure chez *Rosmarinus officinalis* extrait par décoction ($124,77 \pm 9$ mg Eq C/g d'extrait) et enfin la teneur en tannins condensés est meilleure chez *Thymus vulgaris* extrait par la méthode Soxhlet ($67,19 \pm 4,42$ mg Eq C/g d'extrait).

Une corrélation positive entre les capacités antioxydantes et les teneurs en composés phénoliques et plus particulièrement en flavonoïdes a été observée. Chez le romarin, l'extraction par décoction s'est avérée plus avantageuse en termes d'activité antioxydante mesurée par le test DPPH avec une valeur d'IC₅₀ de 310,11 µg/ml.

Mots clés : *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavendula dentata*, polyphénols, flavonoïdes, tanins condensés, activité antioxydante.

الملخص

الهدف من عملنا هو مقارنة المردود وكميات المركبات الفينولية وكذلك نشاط المضاد للأكسدة لمختلف المستخلصات من أجل معرفة تأثير المذيبات وتقنيات الاستخلاص المستخدمة في المنزل أو في المصانع. نشرع في هذا العمل إلى استخلاص نباتاتنا (الزعتر، الخزامى، إكليل الجبل) بالماء وبالكحول، باستخدام طرق استخلاص مختلفة. معايرة البوليفينول الكلي تم تحضيرها بواسطة الكاشف Folin-Ciocalteu. تحديد كمية مركبات الفلافونويد عن طريق ثلاثي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم، والتانات المكثفة بطريقة الفانيلين تحت الظروف الحمضية. أما اختبار نشاط المضاد للأكسدة بطريقة محاصرة الجذر الحر (DPPH). الاستخلاص بواسطة Soxhlet وبالماء المغلي أعطوا أفضل عائد بمعدل 24.72% و 24.24% على التوالي. كمية البوليفينول الكلي كانت أفضل في خلاصة نبات *Thymus vulgaris* بواسطة النقع وبالماء المغلي على التوالي 1.75 ± 100.87 و 3.40 ± 100.14 mg ما يعادل AG/g للمستخلص، من ناحية أخرى، كمية الفلافونويد الكلي أفضل في خلاصة نبات *Rosmarinus officinalis* بواسطة الماء المغلي 9 ± 124.77 mg ما يعادل C/g للمستخلص وأخيرا محتوى التانات المكثفة أفضل في خلاصة نبات *Thymus vulgaris* المستخلص بطريقة Soxhlet 4.42 ± 67.19 mg ما يعادل C/g للمستخلص.

هناك علاقة إيجابية بين القدرات المضادة للأكسدة وكميات المركبات الفينولية وقد لوحظت بالخصوص في مركبات الفلافونويد. عند نبات إكليل الجبل، الاستخلاص بواسطة الماء المغلي اثبت على انه أكثر فائدة من حيث النشاط المضاد للأكسدة المقاس بواسطة اختبار DPPH بقيمة IC_{50} المقدرة ب $310,11 \mu g/ml$

الكلمات المفتاحية: *Lavendula dentata*، *Rosmarinus officinalis*، *Thymus vulgaris* : بوليفينول، فلافونويد، التانات المكثفة، النشاط المضاد للأكسدة.

Abstract

The objective of our work is to compare the yields, the contents of phenolic compounds and also the antioxidant activity of the different extracts in order to assess the effect of solvents and extraction techniques used either at home or at the industrial level.

In this work, we proceed to an extraction of our plants (thyme, lavender, rosemary) by water and alcohol, using different extraction methods. The determination of total polyphenols was carried out by the Folin-Ciocalteu reagent, the quantification of flavonoids by the process with aluminium trichloride and sodium hydroxide, and that of condensed tannins by the method with vanillin under acidic conditions. Antioxidant activity was tested by the DPPH free radical scavenging method.

Extraction by Soxhlet and decoction gave the best yield, with an average of 24.72% and 24.24% respectively. The total polyphenol content is better in *Thymus vulgaris* extracted by maceration and decoction, 100.87 ± 1.75 and 100.14 ± 3.40 mg Eq GA/g of extract respectively, on the other hand the content of total flavonoids is better in *Rosmarinus officinalis* extracted by decoction (124.77 ± 9 mg C Eq/g of extract) and finally the content of condensed tannins is better in *Thymus vulgaris* extracted by the Soxhlet method (67.19 ± 4.42 mg C Eq/g of extract).

A positive correlation between antioxidant capacities and the contents of phenolic compounds and more particularly flavonoids was observed. In rosemary, extraction by decoction proved to be more advantageous in terms of antioxidant activity measured by the DPPH test with an IC_{50} value of $310.11 \mu\text{g/ml}$.

Keywords : *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavendula dentata*, polyphenols, flavonoids, condensed tannins, antioxidant activity.



Introduction



Introduction

De tous les temps, les plantes ont occupé une place prépondérante dans la vie de l'homme. Toutes les civilisations connues ont utilisé les plantes soit sauvages soit cultivées pour se nourrir, se défendre, se vêtir ou se soigner. Ces utilisations se sont diversifiées au fil des temps pour s'adapter aux besoins. Les plantes ont été employées parfois de façon sélective grâce à la tradition. Les connaissances empiriques accumulées ont permis aux différentes civilisations de prendre les plantes comme source essentielle de médicaments (Lee, 2004).

De nos jours, et surtout dans les pays du tiers monde, la phytothérapie occupe encore une place importante. La flore de ces pays reste assurément riche et prometteuse, tant dans la perspective de découvrir de nouvelles espèces botaniques que de trouver de nouvelles molécules ayant une activité thérapeutique pour la mise au point de nouveaux médicaments (Fleurentin et Pelt, 1990).

Ayant une position géographique privilégiée, l'Algérie possède une flore extrêmement riche et variée représentée par environ 3000 plantes vasculaires inventoriées, réparties en 123 familles botaniques (Tlili-Ait Kaki *et al.*, 2013). À cette richesse spécifique est associée une originalité sur le plan systématique (nombreuses plantes endémiques), sur le plan phytochimique (spécificité des substances biosynthétisées) et sur le plan pharmacologique. Cette richesse et cette originalité font que l'étude de la flore algérienne présente un intérêt scientifique « fondamental » pour la connaissance et le savoir dans le domaine de l'ethnobotanique, de la pharmacopée traditionnelle, mais également un intérêt scientifique « appliqué » dans le domaine de la valorisation des substances naturelles.

En effet, les études ethnobotaniques servent toujours de base pour les démarches expérimentales, et dans ce présent travail, on se réfère à des enquêtes réalisées dans notre région de Sidi Bel Abbes (Bailak *et* Arbouz, 2019 ; Djefal *et* Sabbar, 2019). Ces investigations ont révélé que les espèces les plus citées appartiennent à la famille des lamiacées à savoir : le thym, la lavande et le romarin. En outre, les enquêtes ont révélé que la décoction et l'infusion sont les techniques privilégiées par la population pour extraire ces plantes, parce qu'elles sont peu



couteuses et très faciles à réaliser à domicile. En revanche, en industrie pharmaceutique les extraits de plantes standardisés sont obtenus à partir d'une lixiviation à teneur en alcool graduelle, processus permettant d'extraire le maximum de composés de la plante (Dessouroux et *al.*, 2011). Dans le même contexte, on procède dans ce travail à une extraction de nos plantes (thym, lavande, romarin) par l'eau et par l'alcool, en utilisant ainsi différentes méthodes d'extractions. L'objectif de cette démarche est la comparaison des rendements, des teneurs en composés phénoliques et aussi l'activité antioxydante des différents extraits afin d'apprécier l'effet des solvants et des techniques d'extraction utilisées soit à domicile ou au niveau industriel. Cela permettra de cerner quelques différences ou ressemblances majeures qui serviront de bases pour d'éventuelles études approfondies.



Synthèse
Bibliographique



Chapitre I.
Phytothérapie



I- Phytothérapie

1. Définition

Le mot phytothérapie provient de deux mots grecs : « phytos » la plante et « therapiea » la thérapie ; et le terme signifie essentiellement « soigner avec les plantes ». La phytothérapie désigne la médecine basée sur les extraits de plantes et les principes actifs naturels (Bénédictine, 2008).

Selon Konate (2011), on peut distinguer trois (03) types de pratiques :

Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. Selon l'OMS, cette phytothérapie est considérée comme une médecine traditionnelle et encore massivement employée dans certains pays dont les pays en voie de développement. C'est le plus souvent une médecine non conventionnelle du fait de l'absence d'étude clinique.

Une pratique basée sur les avancées et preuves scientifiques qui recherchent des extraits actifs dans les plantes. Les extraits actifs identifiés sont standardisés. Cette pratique débouche suivant les cas sur la fabrication de médicaments pharmaceutiques, et selon la réglementation en vigueur dans le pays, leur circulation est soumise à l'autorisation de mise sur le marché pour les produits finis, et à la réglementation sur les matières premières à usage pharmaceutique pour les préparations magistrales de plantes médicinales, celles-ci étant délivrées exclusivement en officine.

Une pratique de prophylaxie déjà utilisée puisque nous sommes tous des phytothérapeutes sans le savoir : c'est notamment le cas dans la cuisine, avec l'usage de la ciboulette, de l'ail, du thym, du gingembre ou simplement du thé vert. Une alimentation équilibrée et contenant certains éléments actifs étant une phytothérapie prophylactique.

2. Histoire et popularité des phytothérapies

La phytothérapie existe depuis la préhistoire. Les hommes de Neandertal étaient inhumés avec des plantes dont on sait maintenant qu'elles ont des propriétés médicinales. Les premiers peuples ont probablement découvert ces propriétés de façon empirique au cours des siècles et, à chaque génération, ils ont ainsi accumulé



des connaissances sur les plantes médicinales. Ces connaissances continuent de s'accroître aujourd'hui dans les régions du monde où les cultures indigènes ont échappé à l'influence destructrice de la société moderne. Dans d'autres pays, l'information sur les plantes a été mise par écrit et organisée sous forme de longs textes appelés pharmacopées, qui expliquaient le mode de préparation de chaque plante et son emploi pour un traitement donné (Grünwald *et al.*, 2006).

Le choix des plantes et leur mode d'utilisation dépendaient de l'idée que la société concernée se faisait de la maladie. Par exemple, les peuples méditerranéens employaient l'ail pour éloigner les mauvais esprits qui, croyaient-ils, provoquaient la diarrhée, alors que les Chinois se servaient de l'ail pour guérir des maladies qui, selon eux, étaient dues à un dérangement de la rate et des reins. À notre époque, les plantes médicinales suscitent un certain intérêt pour plusieurs raisons, notamment parce que nous croyons, comme nos ancêtres, qu'elles peuvent nous permettre de nous maintenir en meilleure santé (Farnsworth *et al.*, 1985).

3. Utilisation des plantes en médecine traditionnelle

Depuis 150 ans, les plantes médicinales ont fourni à la pharmacie des médicaments très efficaces. Aujourd'hui, de nombreux travaux menés dans le domaine de l'ethnopharmacologie, nous montrent que les plantes utilisées en médecine traditionnelle et qui ont été testées sont souvent d'une part, des plantes efficaces dans les modèles pharmacologiques et d'autre part seraient quasiment dépourvues de toxicité (Gurib-Fakim, 2006).

L'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie mettent en relation les savoirs ancestraux des médecins traditionnels et les connaissances scientifiques actuelles. Ce sont avant tout des domaines de recherche interdisciplinaire à l'interface des sciences de l'homme, comme l'ethnologie, l'histoire, la linguistique, et des sciences de la nature, comme la botanique, la pharmacologie, la pharmacognosie et la médecine (Selles, 2012).

4. Différents types de la phytothérapie

Selon les parties utilisées de la plante, Bruneton, (2009) distingue plusieurs types de phytothérapie :



- **Aromathérapie** : est une thérapeutique qui utilise les essences des plantes, ou huiles essentielles, substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes telles que les astéracées, les lamiacées ou les opiacées, ces huiles sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau.
- **Gemmothérapie** : se fonde sur l'utilisation d'extrait alcoolique et glyciné de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les racines.
- **Herboristerie** : correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée ; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélule de poudre de plante sèche que le sujet avale.
- **Homéopathie** : a recourt aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive ; les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale.
- **Phytothérapie chinoise** : fait partie d'un ensemble appelé « médecine traditionnelle chinoise » qui inclut l'acupuncture et la diététique chinoise. Cette phytothérapie vise à modifier les quantités de différentes énergies ou le circuit de ces énergies dans l'organisme.
- **Phytothérapie pharmaceutique** : utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules et de lyophilisats.

5. Préparations et formes galéniques en phytothérapie

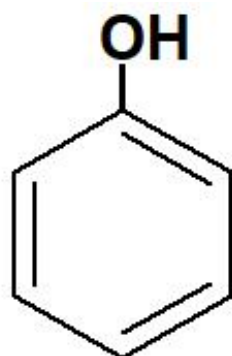
Il est nécessaire d'élaborer des méthodologies qui permettent les extractions des substances qui ayant une action spécifique. Parmi ces manipulations :

- L'infusion est utilisée pour les parties les plus fragiles de la plante : les pétales et les feuilles très fines. Elle consiste à verser de l'eau chaude ou bouillante sur les plantes sèches. Le temps d'infusion est variable selon les plantes (de quelques minutes à 1 heure) (Hajjaj, 2017).
- La décoction convient aux parties ligneuses de la plante comme les tiges, les racines et l'écorce. Il s'agit de plonger les parties de plante sèche à froid dans

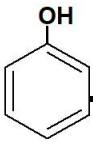


de l'eau et de porter le tout à l'ébullition pendant 10 minutes à 1h en fonction des plantes (Hajjaj, 2017).

- La macération s'opère à froid plutôt pour des plantes à gommés et à mucilages. Laisser tremper les plantes sèches ou fraîches dans l'eau. Le temps de macération peut aller jusqu'à 3 semaines. Grâce à ces techniques, les principes actifs hydrosolubles sont extraits. Une filtration sera nécessaire avant la consommation (Hajjaj, 2017).
- Soxhlet est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide. Le solide est placé dans une cartouche poreuse. Le solvant, contenu dans le ballon, est porté à l'ébullition, ce qui le transfère dans la partie supérieure. Là, il est condensé grâce à un réfrigérant situé en haut de l'installation et s'accumule autour et à l'intérieur de la cartouche. Lorsque le solvant atteint le niveau supérieur du siphon, le mélange est renvoyé dans le ballon par différence de pression, où il est à nouveau évaporé. Plusieurs cycles d'extraction sont ainsi effectués, la durée de l'opération est laissée libre à l'utilisateur. On considère avoir alors atteint l'épuisement total en soluté du substrat solide et avoir concentré l'extrait (Poirot, 2007).



Chapitre II.
Les Composés Phénoliques



II-Les composés phénoliques :

1. Généralité

Les végétaux ont la capacité de produire des substances naturelles très diversifiées, c'est l'une de leurs originalités majeures. Ils accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides et acides nucléiques) (Macheix *et al.*, 2005).

Ils représentent une source importante de composés de faible masse moléculaire qui sont synthétisés par les plantes supérieures à partir des métabolites énergétiques (Keller *et al.*, 2005), ils sont considérés dans le passé comme des produits « déchets » voire des « erreurs » résultant du métabolisme primaire, sont donc de plus en plus décrits comme ayant des rôles importants pour la plante (Di Ferdinando *et al.*, 2014).

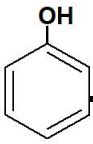
Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, terpènes, composés phénoliques...) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux (Macheix *et al.*, 2005).

2. Définition

La notion des composés phénoliques est difficile à définir simplement, car elle prend en compte, à la fois des éléments structuraux et l'origine biosynthétique des composés, qui sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester et hétéroside (Bruneton, 2016).

➤ *Les coumarines*

Pour la première fois, la coumarine fut isolée de la fève tonka (*Coumarouna odorata*) à laquelle elle confère son odeur caractéristique de foin coupé (Garnero, 2000). Les coumarines, de différents types, se trouvent dans de nombreuses espèces végétales et possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles superoxydes et peroxydes (Igor, 2002). Les coumarines du mélilot (*Melilotus officinalis*) et du marronnier d'Inde (*Aesculus hippocastanum*) contribuent à fluidifier le sang alors que les furanocoumarines comme le bergaptène (figure 1),



contenu dans le céleri (*Apium graveolens*), soignent les affections cutanées et la khelline de la khella (*Ammi visnaga*) est un puissant vasodilatateur coronarien (Eberhard *et al.*, 2005).

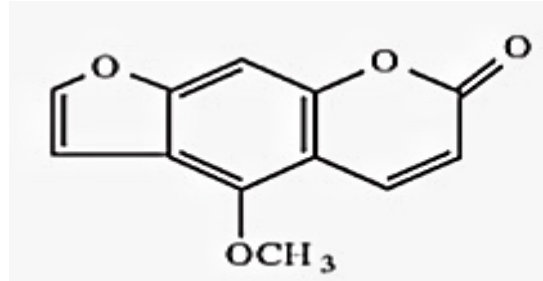


Fig 1. Structure chimique d'un exemple de furanocoumarine, le bergaptène (Macheix *et al.*, 2005).

➤ **Les phénols**

Ce sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, elles peuvent être également estérifiées, étherifiées et liées à des sucres sous forme d'hétérosides. Leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique. Ayant tendance à s'isomériser et à se polymériser, ces phénols sont solubles dans les solvants polaires. Ce sont surtout des antiseptiques (arbutoside de la busserole), des antalgiques (dérivés salicylés de la reine des prés et du saule) et des anti-inflammatoires (Garnero, 2000). On suppose que les plantes, en les produisant, cherchent à se prémunir contre les infections et les insectes phytophages. Il existe une très grande variété de phénols, de composés simples à des substances plus complexes. Les phénols sont anti-inflammatoires et antiseptiques. Les acides phénoliques (comme l'acide rosmarinique) (figure 2), sont fortement antioxydants et anti-inflammatoires et peuvent avoir des propriétés antivirales (Eberhard *et al.*, 2005).

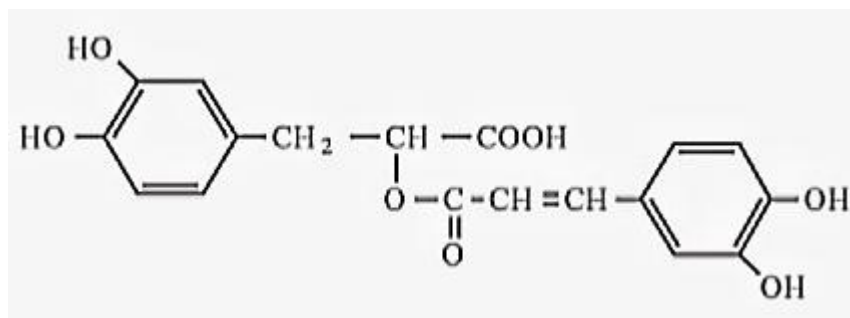
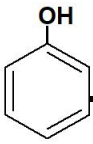


Fig 2. Structure chimique de l'acide rosmarinique (Macheix *et al.*, 2005).



➤ *Les flavonoïdes*

Les flavonoïdes constituent chez les plantes un groupe très diversifié de métabolites secondaires qui se produisent naturellement sous leurs formes conjuguées. Ils sont des composés phénoliques et interviennent probablement pour protéger les plantes des herbivores et contrôler le transport des auxines (Judd *et al.*, 2002). L'ensemble des flavonoïdes de structure générale en C₁₅ (C₆-C₃-C₆), comprend à lui seul plusieurs milliers de molécules regroupées en plus de dix classes ; parmi eux : les anthocyanes, pigments rouges ou bleus, les flavones et les flavonols (figures 3 et 4), de couleur crème où jaune clair, les flavanes dont les produits de condensation sont à l'origine d'un groupe important de tannins et les isoflavones qui jouent un rôle dans la santé humaine (Macheix *et al.*, 2005).

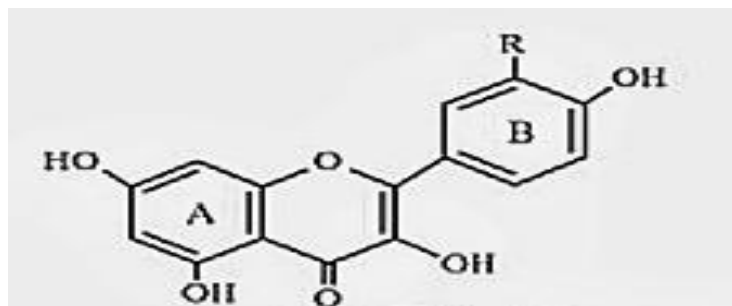


Fig 3. Structure chimique de flavonoïdes de classe flavonols (Kaempférol si R=H où Quercétine si R=OH) (Macheix *et al.*, 2005).

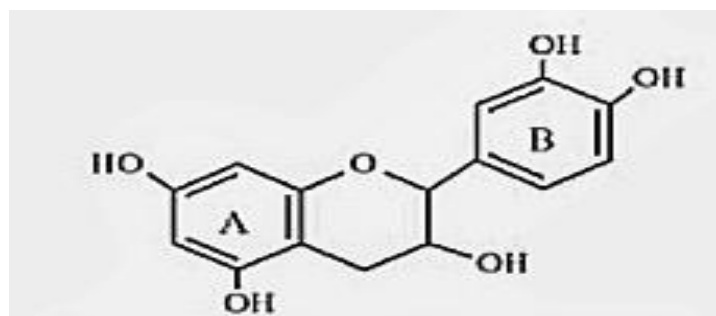
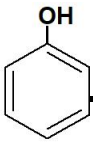


Fig 4. Structure chimique de flavonoïdes de classe flavane-3-ols : catéchine (Macheix *et al.*, 2005).



Les flavonoïdes hétérosidiques sont hydrosolubles et solubles dans les alcools. Les flavonoïdes lipophiliques des tissus superficiels des feuilles sont solubles dans les solvants polaires et dans les solvants moyennement polaires (tel que le dichlorométhane) (Bruneton, 1999). Ils possèdent de nombreuses vertus thérapeutiques. Ils sont particulièrement actifs dans le maintien d'une bonne circulation. Certains ont aussi des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, anti-enzymatiques et hépatoprotectrice ; ils jouent un rôle important dans le système de défense et antiviral (Iserin, 2001).

➤ **Les tannins**

Toutes les plantes contiennent des tannins à un degré plus ou moins élevé. Ceux-ci donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles et les rendent impropres à la consommation pour les insectes ou le bétail (Eberhard *et al.*, 2005).

Les tannins ont la propriété de tanner la peau. Cette propriété de tannage provient de la création de liaisons entre les molécules de tannins et les fibres de collagène. Les tannins représentent généralement la principale partie de l'extrait polyphénolique. Peu d'information sont connues concernant leur rôle biologique sur la plante, mais leur présence confère à cette dernière des propriétés astringentes, antiseptiques, antioxydantes et antidiarrhéiques (Schauenberg *et Paris*, 2006).

Il est classique de distinguer deux grands groupes de tannins différents par leur réactivité chimique et par leur composition : les tannins hydrolysables et les tannins condensés (Macheix *et al.*, 2005).

a) Les tannins hydrolysables

Ils sont d'abord caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique. Ils libèrent une partie non phénolique souvent du glucose et une partie phénolique qui peut être soit de l'acide gallique soit un dimère de ce même acide : l'acide éllagique (Macheix *et al.*, 2005) (figure 5).

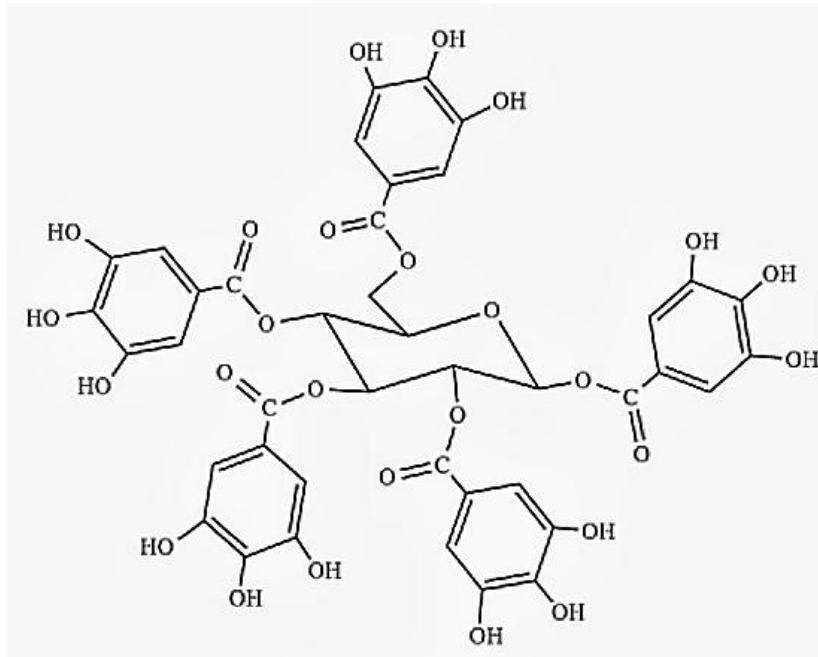
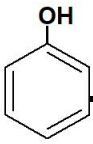


Fig 5.Structure chimique d'un exemple de tannins hydrolysables Pentagalloylglucose (Macheix *et al.*, 2005)

b) Les tannins condensés

Contrairement aux tannins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules les attaques chimiques fortes permettent de les dégrader.

L'enchaînement des différentes unités constitutives (figure 6) se fait soit de manière linéaire grâce à des liaisons C-C soit par des ramifications grâce à des liaisons C-O-C conduisant à des structures de plus en plus complexes qui restent cependant solubles dans l'eau des vacuoles (Macheix *et al.*, 2005).

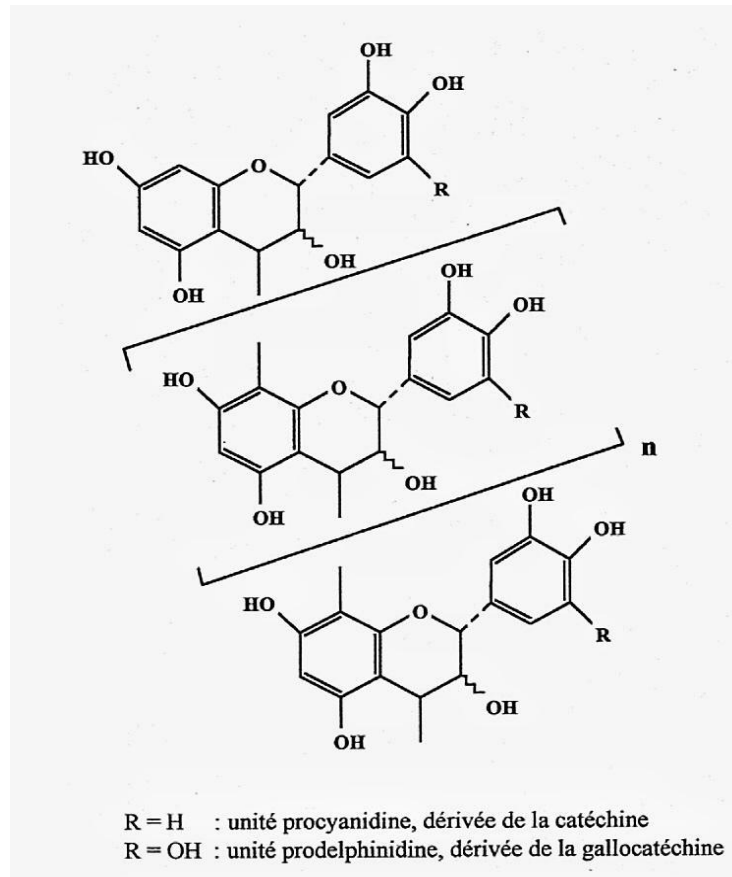
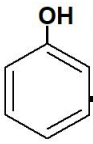
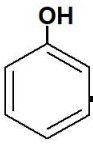


Fig 6. Exemple de structure chimique d'un tannin condensé (Macheix *et al.*, 2005).

3. Rôles des composés phénoliques

Le rôle des composés phénoliques est maintenant reconnu dans différents aspects de la vie de la plante et dans l'utilisation que fait l'homme des végétaux. Ils peuvent en effet intervenir :

- Dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites ...) ;
- Dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV), soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux ;
- Dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualité nutritionnelle...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par transformation ;



- Dans les variations de certaines caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées ...) pendant lesquels apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini ;
- Dans la protection de l'homme vis-à-vis de certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (Macheix *et al.*, 2005).

4. Effet antioxydant des composés phénoliques

Beaucoup d'études montrent que les polyphénols pourraient diminuer le risque de survenue d'un certain nombre de pathologies, en particulier celles liées au vieillissement et aux lésions oxydatives (cancers, maladies cardiovasculaires ou neurodégénératives) (Leong and Shui, 2002). Les flavonoïdes sont de puissants antioxydants vis-à-vis des radicaux libres dus à leur propriété de donation d'atomes d'hydrogène disponibles dans les substituants hydroxyles de leurs groupes phénoliques (Sandhar *et al.*, 2011).

Les flavonoïdes préviennent efficacement la peroxydation lipidique puisqu'ils peuvent réagir avec la plupart des radicaux libres susceptibles d'arracher un hydrogène sur le groupement CH₂ situé entre les deux doubles liaisons des acides gras polyinsaturés, ils formeraient des espèces radicalaires intermédiaires peu réactives. De plus ils pourraient agir en chélatant les métaux de transition tels que le cuivre et le fer (Le *et al.*, 2007). Parmi les composés les plus antioxydants, on peut citer la catéchine, la quercétine, et l'apigénine, mais aussi les acides phénoliques tels que les acides caféiques et chlorogéniques (Formica and Regelson, 1995).



Chapitre III.
Les Lamiacées





III-Les lamiacées :

1. Définition

Les Labiées ou Lamiacées constituent une famille de plantes angiospermes dicotylédones herbacées ou légèrement ligneuses et comprennent selon les auteurs, de 233 à 263 genres (Hayouni *et al.*, 2007) et de 6900 à 7200 espèces (Grayer *et al.*, 1994), qui se répartissent aussi bien dans les zones tropicales que dans les zones tempérées du monde. La plus grande diversité est rencontrée selon cet ordre : le bassin méditerranéen, l'Asie centrale, le continent Américain, les Îles du pacifique, l'Afrique équatoriale et la Chine. C'est une famille très importante en Algérie, représentée par 28 genres et 146 espèces, c'est l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antimicrobien, antifongique, anti-inflammatoire et antioxydant (Hilan *et al.*, 2006). Les espèces des lamiacées les plus citées dans la littérature sont : *Salvia officinalis* (Fellah *et al.*, 2006), *Mentha spicata* (Choudhury *et al.*, 2006), *Origanum vulgare* (Dimitrijević *et al.*, 2007), *Rosmarinus officinalis* (Gachkar *et al.*, 2007, Marzouk *et al.*, 2006), *Ocimum basilicum* (Lee *et al.*, 2005), ainsi que de nombreuses espèces du genre *Thymus* qui ont été abondamment étudiées (Bousmaha-Marouki *et al.*, 2007).

La section des tiges est carrée et les feuilles opposées parfois verticillées. Les fleurs sont généralement bilabiées, à corolle irrégulière, possédant quatre étamines dont deux sont longues et deux sont courtes. De plus, les Lamiacées comptent beaucoup d'espèces cultivées comme condiments (ex : sauge, thym, basilic, menthe ...etc). Par ailleurs, cette famille est une source importante d'huiles essentielles pour l'aromathérapie, la parfumerie et l'industrie des cosmétiques. Enfin, de nombreuses espèces sont utilisées en horticulture, notamment parmi les genres *Phlomis*, *Perovskia* et *Salvia*.

Du point de vue chimique, cette famille a fait l'objet d'intenses investigations dans le but d'isoler différents types de composés. Parmi les genres qui sont en cause, on cite : *Ajuga*, *Rhabdosia*, *Teucrium*, *Salvia*, *Scutellaria*, *Stachys*, *Leonurus*, *Ballota*, *Coleus*, *Thymus*, *Phlomis*. Ces études ont permis d'isoler un grand nombre de métabolites secondaires tels que les stérols, les flavonoïdes, les iridoïdes, les sesquiterpènes, les diterpènes et les triterpènes (Pelletier *et al.*, 1820, Hoerni, 2001).



2. Systématique de la famille des Lamiacées

D'après la nouvelle classification de l'APG 3 (Angiosperms Phylogeny Group 3, 2009) (Guignard, 2012), la famille des Lamiacées est classée comme suite :

Règne : *Plantae*.

Embranchement : Spermatophytes.

Sous-Embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédone.

Sous classe : Gaméopétale.

Ordre : Lamiales.

Famille : *Lamiaceae*.

Parmi les espèces les plus utilisées de cette famille en médecine traditionnelle Algérienne, le thym, la lavande et le romarin.

3. Le thym

Le thym est une plante condimentaire qui appartient à la famille des Labiées. Le genre *Thymus L. (Labiatae)* se compose d'environ 215 espèces de plantes vivaces herbacées et des sous-arbustes (Nickavar *et al.*, 2005). Il pousse spontanément sur les coteaux arides de la méditerranée (Stahl-Biskup, 2002).

Il est couramment utilisé dans le domaine thérapeutique, ceci est dû à ses propriétés pharmacologiques et aromatiques : antispasmodique, antiseptique, antitussif et expectorant (Rasooli *et al.*, 2002). C'est l'une des espèces les plus utilisées dans la médecine populaire, pour stimuler l'action dans toutes les fonctions de l'organisme (Bruneton, 1999) et aussi pour l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle (Dob *et al.*, 2006).

Il existe plusieurs écotypes de thym, qui diffèrent selon des caractéristiques morphologiques (Tedone *et al.*, 2001) et aussi dans la composition des huiles



essentielles, (Corticchiato *et al.*, 1998) caractérisées par une odeur forte et pénétrante et parfois balsamique très prononcée et de saveur épicée. De nombreuses espèces présentent différents chémotypes intra-spécifiques et la composition chimique des huiles essentielles est variable par rapport au : stade de développement de la plante, au moment de la récolte et aux conditions d'environnement du champ (Senatore, 1996).

3.1. Caractéristiques botaniques de *Thymus vulgaris* L.

- Description

Sous-arbrisseau touffu et dressé, pouvant atteindre 40cm de hauteur, à tiges fortement ramifiées, ligneuses et tortueuses à la base (figure 7a).

Les rameaux blanchâtres, car courtement velus, portent de feuilles persistantes, de petite taille (3 à 12 mm de long sur 0,5 à 3 mm de large), opposées, lancéolées ou linéaires, à limbe entier ; elles sont subsessiles et de couleur vert grisâtre ; les marges du limbe sont généralement enroulées sur la face ventrale, ce qui donne à la feuille une forme générale d'aiguille (figure 7b).



(a)



(b)

Fig 7.*Thymus vulgaris* L. (Web master 1)

Les fleurs, regroupées par 2 ou 3 à l'aisselle de feuilles plus grandes que les autres, sont rassemblées en glomérules ovoïdes ; elles sont de petite taille et zygomorphes ; le calice est velu, hérissé de poils durs, en forme de tube ventru, la corolle est de taille variable, bilabiée et de couleur mauve ; la partie tubulaire ne



dépasse pas celle du calice. Le fruit est un tétrakène qui renferme à maturité 4 minuscules graines (1mm), brun clair à brun foncé. La floraison a lieu de juin à octobre (Teuscher *et al.*, 2005).

• **Classification**

D'après la nouvelle classification de l'APG 3 (Angiosperms Phylogeny Group 3, 2009)

Règne : *Plantae*.

Embranchement : Spermatophytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Sous classe : Dicotylédones vraies supérieures.

Ordre : Lamiales.

Famille : *Lamiaceae*.

Genre: *Thymus*.

Espèce : *Thymus vulgaris* L. (1753).

Nom commun :

- En français : thym des jardins, farigoule, frigoul, barigoul.
- En anglais: common thyme, garden thyme.
- En arabe : zaatar (Bousmaha-Marouki *et al.*, 2007).

3.2. Répartition géographique

Les pays d'origine de *Thymus vulgaris* sont les régions méditerranéennes, à l'ouest de l'Europe jusqu'au sud de l'Italie (Teuscher *et al.*, 2005).

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales au regard de sa superficie et sa diversité bioclimatique. Le thym est une plante répandue en Algérie. Les différentes espèces qui y existent sont réparties le long du territoire national, du



Nord Algérois à l'Atlas saharien, et du Constantinois à l'Oranais (Kabouche *et al.*, 2005).

3.3. Propriétés thérapeutiques

Usage interne : Aménorrhée accidentelle, angine, asthme, bronchite, emphysème, coqueluche, diarrhée, dysenterie, typhoïde, digestion difficile, parasites intestinaux, rétention d'urine, rhume.

Usage externe : Affections de la bouche, affection des voies respiratoires, chutes des cheveux, fatigue générale, furoncles et plaies, rhumatismes, arthrite, goutte (Ali-Delille, 2013).

4. Le romarin

Le romarin tien son nom du latin, *ros*, rosée, et *marinus*, de mer : allusion à son parfum et à son habitat sur les coteaux maritimes.

Plante vivace, arbustive, originaire des maquis, garrigues et rocailles du bassin méditerranéen, aujourd'hui répandue un peu partout sous les climats tempérés qui connaissent des hivers doux. La plante aime le plein soleil et tolère modérément la sécheresse. Sous les climats plus nordiques, on la traite comme une annuelle que l'on cultive par semis ou par bouturage, car elle ne résiste pas aux hivers rigoureux.

Le romarin est un stimulant, antispasmodique, cholagogue. On l'indique pour ses qualités stimulantes dans les dyspepsies atoniques, les fermentations intestinales, les asthénies, le surmenage, les états adynamiques des fièvres typhoïdes ou muqueuses, de la grippe. En sa qualité d'antispasmodique, il est bénéfique dans la catarrhe chronique des bronches, la coqueluche, les vomissements nerveux ; c'est un bon cholagogue utilisé dans les cholécystites chroniques, certaines ascites et cirrhoses, les ictères ; c'est aussi un emménagogue (aménorrhée dysménorrhée) et un diurétique (hydropisies) (Chang *et al.*, 2009 ; Gachkar *et al.*, 2007 ; Marzouk *et al.*, 2006), un anti-VIH (Scarpati *et al.*, 1993) et anti-carcinogénique (Oluwatuyi *et al.*, 2004)

L'huile essentielle de romarin soulage les troubles rhumatismaux et de la circulation sanguine, soigne les blessures, soulage les maux de tête, améliore la



mémoire et la concentration, fortifie les convalescents, combat les effets du stress et de la fatigue, traite l'inflammation des voies respiratoires (Dias et *al.*, 2015).

4.1. Caractéristiques botaniques de *Rosmarinus officinalis* L.

- **Description**

Sous-arbrisseau touffu, fortement rameux et toujours vert, à racine pivotante, à tige ligneuse, pouvant atteindre jusqu'à 2m de haut (figure 8a). Les feuilles sont opposées et sessiles, étroites et lancéolées, leur port est raide, leur texture dure et coriace, leur limbe épais. Les fleurs sont regroupées en petites grappes axillaires terminales, disposées à l'aisselle des feuilles (figure 8b); le calice bilabié a la forme d'une clochette ovale et duveteuse; la corolle est longuement tubuleuse, bleu pâle, lilas ou blanche, mais souvent maculée de petites taches violettes; le fruit est un tétrakène lisse et globuleux, brun foncé. La floraison a lieu de mai à juillet (Teuscher *et al.*, 2005).



(a)



(b)

Fig 8 .*Rosmarinus officinalis* L. (Leplat, 2017)

- **Classification**

Règne : *Plantae*.

Embranchement : Spermatophytes.



Sous embranchement : Angiospermes.

Sous classe : Dicotylédones vraies supérieures.

Ordre : Lamiales.

Famille : *Lamiaceae*.

Genre : *Rosmarinus*.

Espèce : *Rosmarinus officinalis* L. (1753).

Noms communs

- En français : encensier, herbe aux couronnes, rosemarine.
- En anglais : rosemary.
- En arabe : Elhalhal, yazir, iklile el jabel (Marzouk *et al.*, 2006).

4.2. Répartition géographique

Les pays d'origine de *Rosmarinus officinalis* sont le sud de l'Europe, notamment les régions côtières de la mer méditerranée : l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, la Grèce, la Turquie le Maghreb (du Maroc à la Tunisie), ainsi que les régions du Caucase (Teuscher *et al.*, 2005).

4.3. Propriétés thérapeutiques

Usage interne : Stimulant général, tonicardiaque, antiseptique, pulmonaire, carminatif, asthénie, surmenage, chlorose, asthme, rhumatismes, goutte, bronchite, hépatisme, dyspepsie atonique, migraine, vertiges, syncopes, favorise les règles.

Usage externe : cicatrisants, et parasitocides, plaies, brûlures, rhumatismes fatiguent (Ali-Delille, 2013).

5. La lavande

Le genre *Lavandula* regroupe 39 espèces réparties en trois sous-genres : *Lavandula*, *Fabricia* et *Sabaudia* et comprenant respectivement les sections



suivantes : *Stoechas*, *Lavandula*, *Dentata* / *Pterostoechas*, *Subnuda*, *Chaetostachys*, *Hasikenses* et *Sabaudia* (Upson *et al.*, 2006 ; Baldovini *et al.*, 2005).

De nombreuses espèces de *Lavandula* ont été largement utilisées dans la médecine populaire à travers le monde. Les huiles sont traditionnellement considérées comme antibactériennes, antifongiques, carminatives (relaxation des muscles lisses), sédatives, antidépressives et efficaces contre les brûlures et les piqûres d'insectes. Aujourd'hui, leurs huiles essentielles sont importantes pour les industries de la parfumerie, des cosmétiques, des arômes, de l'alimentation et de la pharmacie (Dob *et al.*, 2006).

5.1. Caractéristiques botaniques de *Lavandula dentata* L.

- **Description**

Un pseudo-arbrisseau qui forme des touffes aux tiges quadrangulaires, ligneuses, feuillues à la base et longuement dénudées sous les épis floraux (figure 9a).

Ses feuilles sont très étroites, avec des bords enroulés, dentés et crénelés. Les fleurs sont bleuâtres et forment des épis courts et denses, couronnés de bractées de même couleur (Bousmaha *et al.*, 2006) (figure 9b).



(a)



(b)

Fig 9. *Lavandula dentata* L. (cliché Benali A. et Benali W., 2020)



• **Classification**

Règne : *Plantae*.

Embranchement : Spermatophytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Sous classe : Dicotylédones vraies supérieures.

Ordre : Lamiales.

Famille : *Lamiaceae*.

Genre: *Lavandula*.

Espèce : *Lavandula dentata* L. (1753).

Noms communs

- En français : lavande dentée, lavande des Alpes, lavande anglaise.
- En anglais : fringed lavender, french lavender.
- En arabe : djaida (Bousmaha *et al.*, 2006).

5.2. Répartition géographique

Elle est considérablement cultivée pour ses fleurs aromatiques dans différentes régions de France, Italie, Angleterre, et même à l'extrême nord de la Norvège. Elle pousse à l'état indigène dans certaines îles de l'Atlantique et depuis le bassin méditerranéen jusqu'au nord de l'Afrique tropicale, au Moyen Orient, à l'Arabie Saoudite et à l'Inde (Rebey *et al.*, 2017).

5.3. Propriétés thérapeutiques

Des études pharmacologiques récentes se rapportant à *Lavandula dentata* ont révélé un large spectre d'activités biologiques principalement les propriétés sédatives, antibactériennes, antifongiques, antidépressives, antioxydantes et anti-inflammatoires (Rebey *et al.*, 2017).



Partie
Expérimentale



Chapitre I.
Matériels Et Méthodes





I-Matériels et Méthodes

1. Matériel végétal

1.1. Choix des plantes

Le choix des plantes étudiées repose sur les données de deux enquêtes ethnobotaniques récemment réalisées dans la zone de Sidi Bel Abbes : l'une à la région de Ain Elberd et l'autre à Télagh (Bailak *et* Arbouz, 2019 ; Djefal *et* Sabbar, 2019). Malgré, ces deux régions sont relativement éloignées géographiquement, les résultats des investigations ethnobotaniques ont été similaires. En effet, la famille des Lamiacées est la plus représentée avec environ 12 espèces différentes utilisées en médecine populaires. En outre, le thym (*Thymus vulgaris*) (figure 10c), la lavande (*Lavandula dentata*) (figure 10b) et le romarin (*Rosmarinus officinalis*) (figure 10a) occupent les premiers rangs dans le classement global des espèces utilisées en dépit de leurs appartenances botaniques. En se basant sur ces résultats, nous nous sommes focalisées particulièrement sur l'étude de ces trois (03) espèces afin de répondre à notre problématique de recherche.

Les plantes ont été achetées fraîches chez l'herboriste et identifiées au laboratoire en se référant au Guide de la flore méditerranéenne (Bayer *et al.*, 2009).



Fig10.Plantes utilisées (Cliché Benali A.et Benali W., 2020).

1.2. Extraction

Après le séchage des trois (03) plantes, la préparation des extraits a été effectuée :



- Les extraits aqueux

Les extraits aqueux des trois (03) plantes ont été obtenus par décoction à 50 °C (figure 11) et infusion (figure 12) pendant 30 min en utilisant un ratio poudre/solvant de 10%. Ensuite, les solutions ont été filtrées (figure 13) et conservées au réfrigérateur à 4°C.

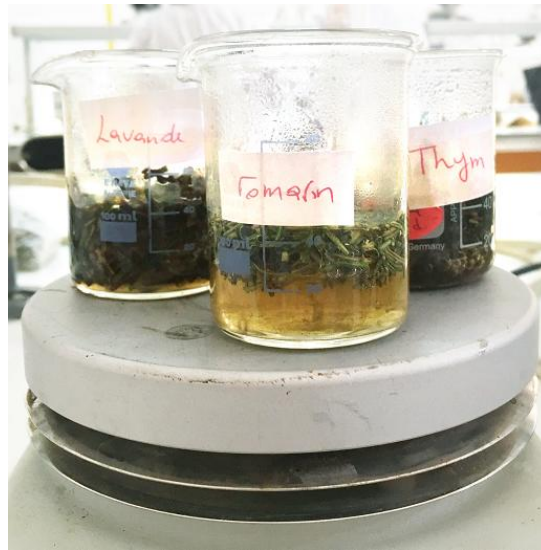


Fig11. Décoction(Cliché Benali A.et Benali W., 2020).



Fig12. Infusion(Cliché Benali A.et Benali W., 2020).



Fig13. Filtration(Cliché Benali A.et Benali W., 2020).

- Les extraits éthanoliques

Les extraits éthanoliques des trois (03) plantes ont été préparés par macération et par extraction Soxhlet. Pour la macération, les feuilles séchées ont été émergées dans l'éthanol à la température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 72 heures (ratio poudre/solvant de 10%) (figure14). Ensuite, les solutions ont été filtrées et conservées au réfrigérateur à 4°C.



Fig14. Extrait d'éthanol par macération (Cliché Benali A.et Benali W., 2020).



L'extraction par Soxhlet (figure 15) a été réalisée en utilisant un appareil de 50ml à cartouche de 2 grammes. Après six (06) cycles d'extraction, la cartouche a été retirée et le solvant chargé d'extrait de la plante a été récupéré pour être conservé au réfrigérateur jusqu'à son utilisation.

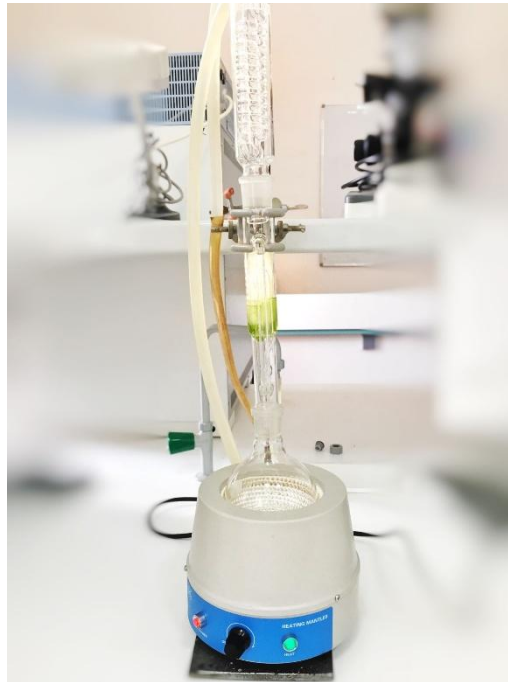
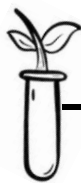


Fig15. Montage de Soxhlet (Cliché Benali A.et Benali W., 2020).

1.3. Rendement d'extraction

Les extraits ont été concentrés à sec et ensuite pesés pour déterminer le rendement (R%) d'extraction par la formule suivante :

$$R\% = \left(\frac{\text{masse de résidu sec}}{\text{masse de la poudre végétale}} \right) \cdot 100$$



2. Dosage des composés phénoliques

L'analyse quantitative a été déterminée par le dosage de certaines classes de composés phénoliques, qui permet l'estimation de leur teneur par la technique spectrophotométrique UV/VIS.

2.1. Phénols totaux

Le dosage des phénols totaux dans les différents extraits est réalisé par la méthode utilisant le réactif de Folin- Ciocalteu décrite par Singleton et Rossi (1965).

200µl de chaque extrait ont été introduits dans des tubes à essai, 1000µl de réactif de Folin-Ciocalteu à 10% ont été ajoutés ; les tubes ont été vigoureusement agités avant que 800µl de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7.5% ont été ajoutés. Après 30min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, les absorbances ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS à 765nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique (0- 200µg/ml) comme contrôle positif. Les résultats ont été exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg eq AG/g d'extrait) (Boizot and Charpentier, 2006).

2.2. Flavonoïdes totaux

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux contenus dans les extraits a été réalisée par la méthode colorimétrique du trichlorure d'aluminium (AlCl_3) décrite par Zhishen *et al.*, (1999).

Le mélange de 500µl de la solution d'extraits, 1500µl d'eau distillée et 150µl de nitrite de sodium (NaNO_2) à 5% a été vigoureusement agité. Après 5mn, 150µl de AlCl_3 à 10% ont été additionnés. Après 6min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, 500µl d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4% ont été ajoutés. L'absorbance a été mesurée à 510nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine (0- 200µg/ml) comme contrôle positif. Les résultats ont été exprimés en milligramme équivalent de la catéchine par gramme d'extrait (mg eq C/g d'extrait) (Zhishen *et al.*, 1999).



2.3. Tannins condensés

Le contenu des extraits en tannins condensés a été évalué selon la méthode Price *et al.*, (1978) en utilisant le réactif vanilline en milieu acide.

Un volume de 50µl d'extrait a été ajouté à 1500µl de vanilline 4%, puis 750µl de chlorhydrique pur (HCl) ont été additionnés. Après 20min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, les absorbances ont été mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS à 550nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine (0- 200µg/ml) comme contrôle positif. Les résultats ont été exprimés en milligramme équivalent de la catéchine par gramme d'extrait (mg eq C/ g d'extrait) (Price *et al.*, 1978).

3. Activité antioxydante

La capacité de don d'atomes d'hydrogène des composés chimiques des trois (03) plantes a été mesurée sur la base du piégeage du radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil selon la méthode adaptée par Benhammou *et al.*, (2009).

Ce test a été mis en œuvre par la préparation des concentrations de 2000, 1000, 500, 250 et 125µg/ml à partir des extraits des plantes et des contrôles positifs (acide ascorbique, acide gallique, catéchine) ; ensuite 50µl de chaque concentration a été ajouté à 1950µl de la solution méthanolique du DPPH (25mg/l). Après une période d'incubation de 30 minutes à température ambiante, l'absorbance a été lue par un spectrophotomètre UV/VIS contre un blanc à 515nm. L'activité de piégeage des radicaux libres du DPPH en pourcentage (%) a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition de DPPH} = [(\dot{A}_{DPPH} - \dot{A}_{ex}) / \dot{A}_{DPPH}] \times 100$$

Où \dot{A}_{DPPH} est l'absorbance de la solution du DPPH sans extrait, et \dot{A}_{ex} est l'absorbance en présence d'extrait. La concentration de l'extrait assurant une inhibition de 50% (IC_{50}) a été calculée à partir de la partie linéaire de la courbe du pourcentage d'inhibition de DPPH par rapport aux concentrations des extraits (Benhammou *et al.*, 2009).

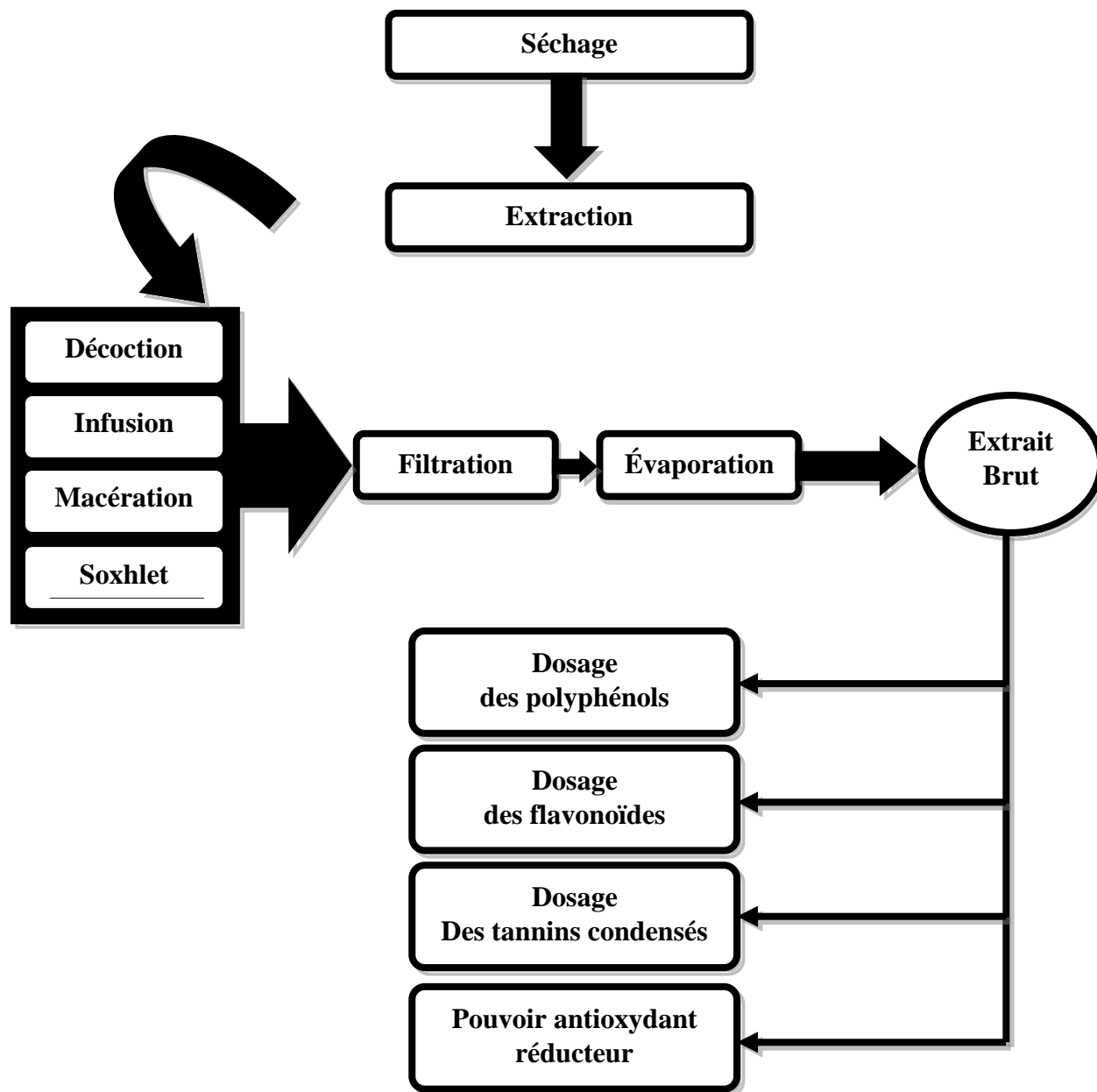
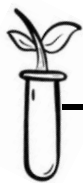
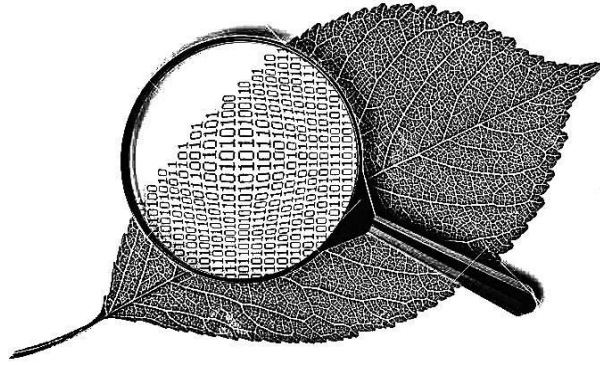


Fig16. Schéma récapitulatif du protocole de l'étude expérimentale.



Chapitre II.

Résultats Et Discussion



II-Résultats et discussion

1. Rendements des extraits

Les rendements des extraits aqueux et les extraits éthanoliques obtenus sont exprimés en pourcentage, et représentés dans l'histogramme ci-dessous (figure 17).

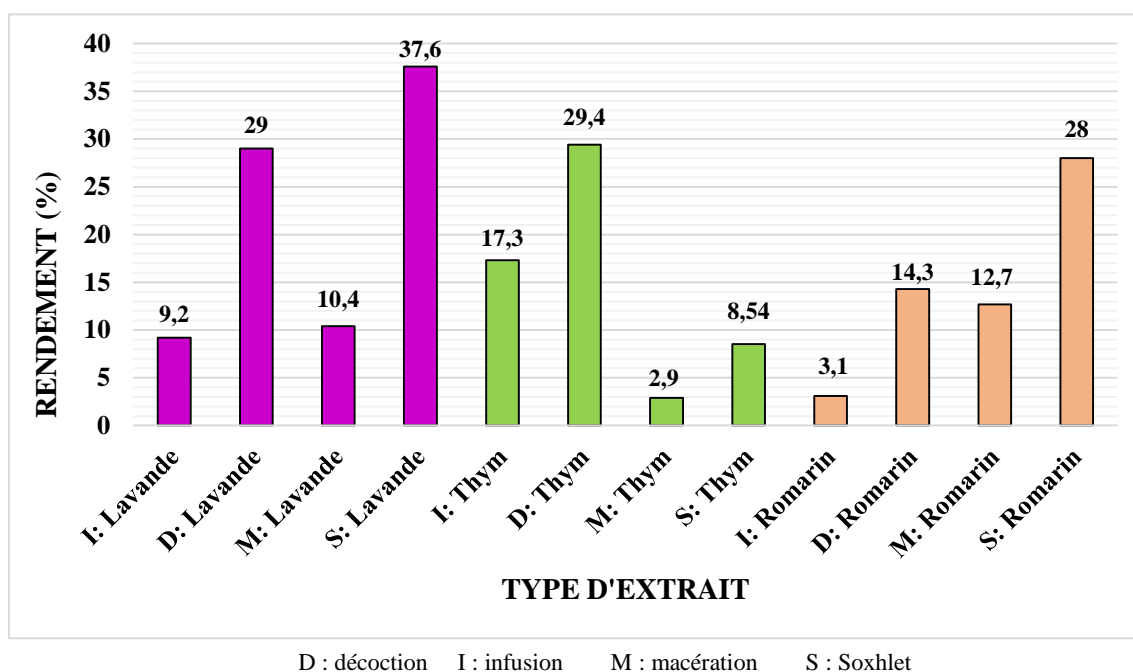


Fig17.Rendements des extraits des trois plantes (03) exprimés en pourcentage.

D'après les résultats, les rendements sont variables selon la technique d'extraction, il ressort à travers les observations que l'extraction par Soxhlet et par décoction donne le meilleur rendement soit respectivement une moyenne de 24,72% et 24,24%. Suivi par l'infusion avec 9,87% en moyenne, alors que l'extraction par macération donne le plus faible rendement (8,67% en moyenne). Ceci est en accord avec une étude antérieure réalisée par Mutalib en 2015 sur la comparaison entre les méthodes conventionnelles et modernes d'extraction des feuilles de *Rosmarinus officinalis*. Les résultats des rendements sont comme suit : la macération 5.3%, l'infusion 4.632%, la décoction 3.8% et l'extraction par Soxhlet 6.466%, en comparant avec nos résultats chez la même plante, on prouve que l'extraction par Soxhlet donne le meilleur rendement.

Les rendements en extraits secs varient d'une plante à une autre de la même famille, ces résultats montrent clairement l'influence de la température d'extraction sur les rendements. D'après Oreopoulou et *al.*, 2019, l'augmentation de la



température d'extraction entraîne une plus grande perméabilité des parois cellulaires, une plus grande solubilité des composés phénoliques et des phénomènes de transfert. Par conséquent, une augmentation du taux d'extraction est observée, et éventuellement une augmentation du rendement, ce qui explique le rendement élevé en utilisant la méthode Soxhlet et la décoction.

Dans ce contexte, Rhazi et *al.*, 2015 ont observé que le rendement obtenu par l'infusion était supérieur à celui obtenu par macération. En conséquence, l'utilisation de la chaleur améliore le rendement des extraits.

Ainsi, les rendements d'extraction, varient en fonction du végétal étudié, de la nature et des caractéristiques physico-chimiques des solvants utilisés, notamment, leurs polarités. Comme le montre la figure 18, la couleur et même la consistance des extraits varient en fonction du solvant. En effet, la solubilité des substances contenues dans la matière végétale dans un solvant donné dépend de ces propriétés. Il s'ensuit que les rendements d'extraction et la composition des extraits varient d'un solvant à l'autre et d'un végétal à l'autre (Hadj Salem, 2009).

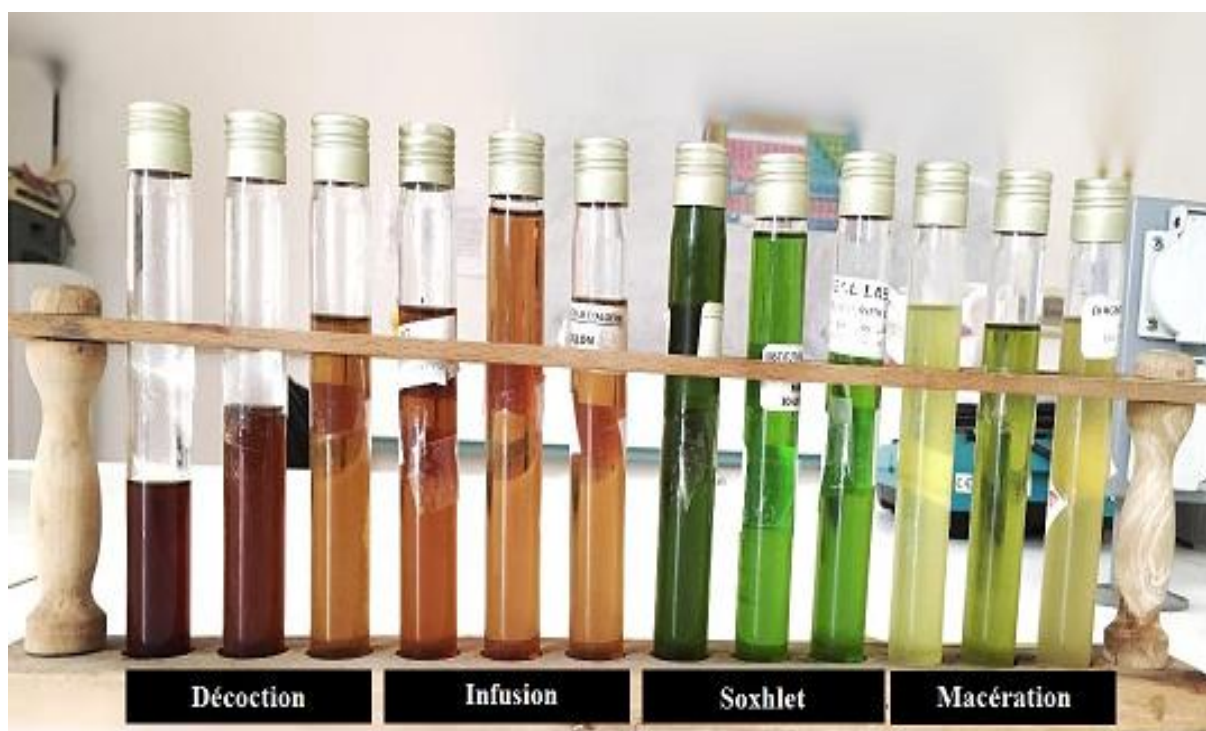


Fig18. Aspect physique des extraits des trois plantes (03).



2. Dosage des composés phénoliques

2.1. Phénols totaux

Les analyses quantitatives des phénols totaux ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif (figure 19). Les valeurs obtenues sont exprimées en mg eq AG/g d'extrait (figure 20).

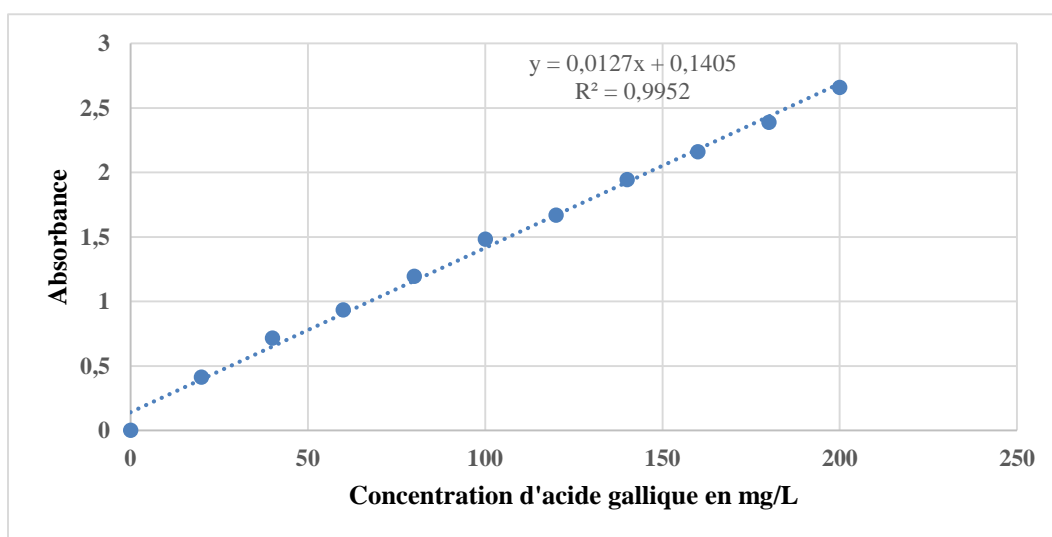
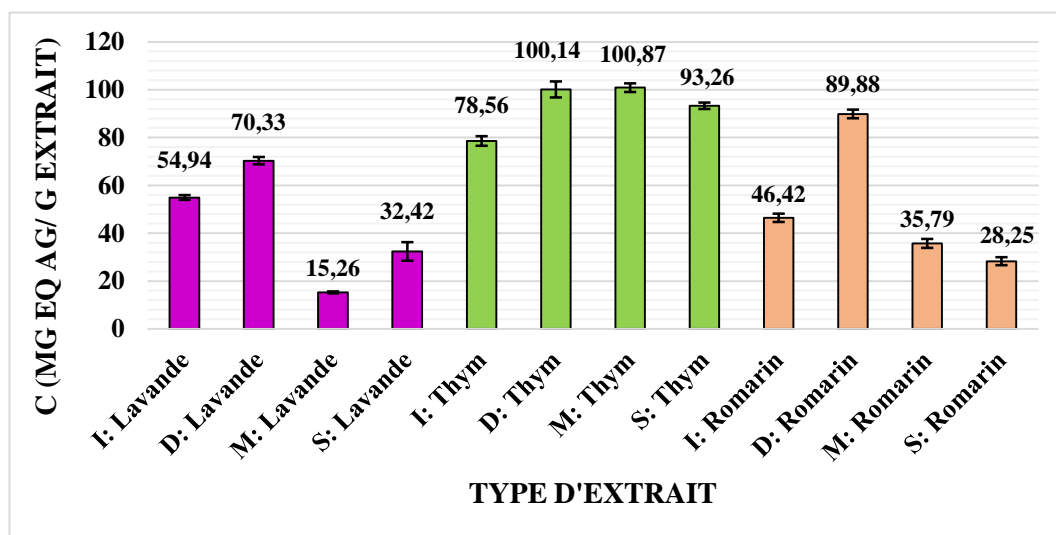


Fig19. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.



D : décoction I : infusion M : macération S : Soxhlet

Fig20. Teneurs en phénols totaux des trois plantes (03) dans différents extraits exprimées en (mg eq AG/g d'extrait).



D'après les résultats, la concentration en phénols totaux (PT) chez les trois(03) plantes varie selon la méthode d'extraction et selon les espèces de la même famille. Chez la lavande et le romarin, les résultats montrent que la décoction donne la meilleure concentration en PT, soit respectivement $70.33 \pm 1,5$ et $89,88 \pm 1,86$ mg Eq AG/g d'extrait, alors que la macération donne la plus faible concentration ($15,26 \pm 0,38$ et $35,79 \pm 1,86$ mg Eq AG/g d'extrait). Par contre, chez le thym, le décocté, le macérât et l'extrait obtenu par Soxhlet renferment presque la même teneur en PT ($100,14 \pm 3,39$, $100,87 \pm 1,75$ et $93,26 \pm 1,35$ mg Eq AG/g d'extrait). Ces différences montrent que l'effet de la technique d'extraction et celui du solvant est relatif ; la solubilité des composés phénoliques dépend sûrement d'autres paramètres, alors, tirer des conclusions sur la meilleure technique d'extraction des PT devient une tâche délicate. D'après les données de la bibliographie, plusieurs auteurs prononcent sur ce point. Selon Nantitanon et *al.*, 2010, l'eau chaude était le solvant qui présente le contenu en phénols totaux le plus élevé en comparant avec l'éthanol. Dans le même contexte, Senhaji et *al.*, 2020 confirment que pour les extraits aqueux, la décoction semble être la meilleure méthode d'extraction des polyphénols totaux pour l'extraction aqueuse. Cela est dû à la nature du solvant d'un côté, car l'eau est un bon solvant pour les acides phénoliques et leurs glucosides, et peut fournir un rendement d'extraction de ces composés plus élevé que les solvants organiques, l'eau a une plus grande sélectivité pour l'acide rosmarinique et les polyphénols hydrophiles (Oreopoulou et *al.*, 2019). Cela peut être expliqué par Brglez Mojzer et *al.*, 2016 qui confirment que les acides phénoliques ne sont pas extractibles par les solvants organiques, car ils apparaissent comme des composés covalents insolubles couplés à des polymères de la paroi cellulaire par des liaisons ester et glycosidique. Les acides phénoliques liés peuvent être libérés avant l'extraction par hydrolyse basique, hydrolyse acide, ou les deux. D'un autre côté, une augmentation de la température d'extraction, comprise entre 20°C et 80°C , augmente généralement le rendement en phénols totaux (Oreopoulou et *al.*, 2019), ce qui explique le taux faible en phénols totaux extrait par macération chez la lavande et le romarin. Les résultats ont révélé ainsi que la teneur en (PT) chez le *Thymus vulgaris* est plus élevée par rapport aux autres plantes. Stankovic en 2020, affirme que la teneur optimale en phénols totaux chez les lamiacées dépend également de la nature de la matrice végétale et de ses constituants bioactifs. Alors, la composition de



l'échantillon est aussi un paramètre qui influence le rendement, car les composés phénoliques peuvent se lier à d'autres constituants de l'échantillon, tels que les glucides et les protéines, qui modifient leurs solubilités et réactivités (Brglez Mojzer et al., 2016).

2.2. Flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits a été obtenue à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec la catéchine comme étalon (figure 21). Les résultats des teneurs en flavonoïdes sont indiqués dans la figure 22, exprimés en (mg eq C/g d'extrait).

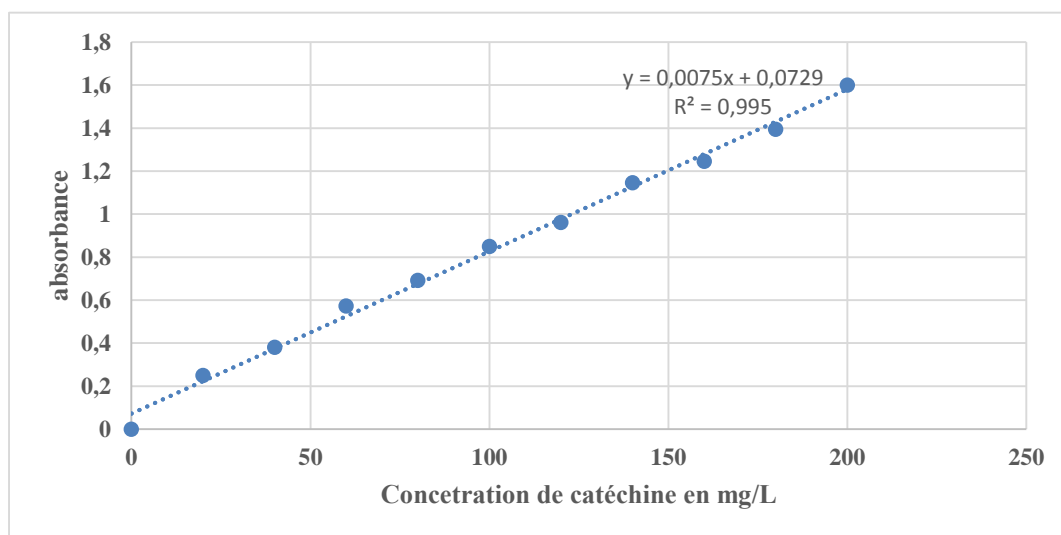


Fig21. Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes totaux.

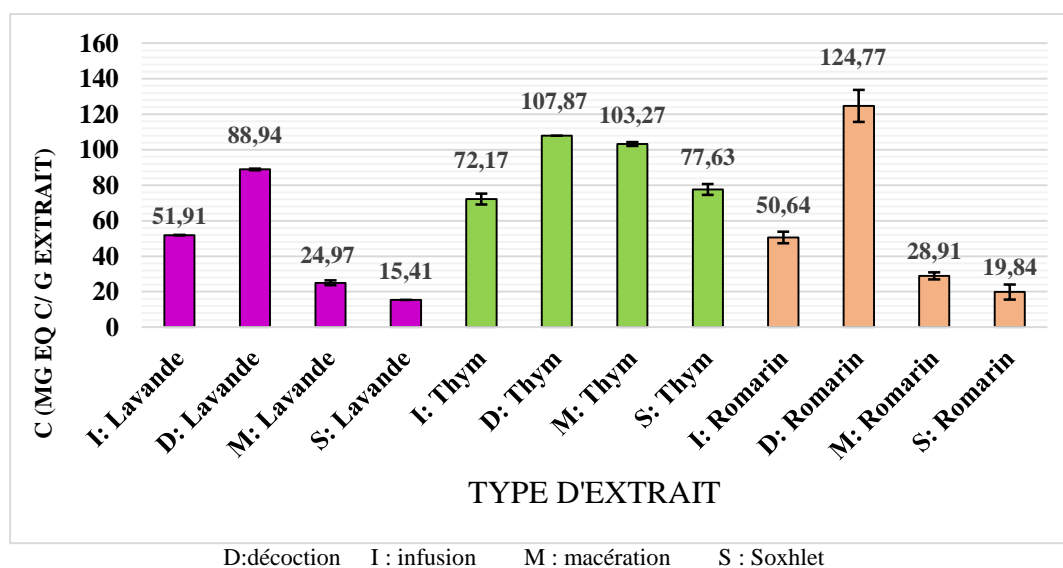


Fig22. Teneurs en flavonoïdes totaux des trois plantes (03) dans différents extraits.



Les résultats montrent clairement que la concentration en flavonoïdes totaux (FT) s'influence par la technique d'extraction. D'après les observations, la décoction donne la meilleure concentration en FT ($88,94 \pm 0,47$ et $124,77 \pm 9$ mg Eq C/g d'extrait), alors que l'extraction par Soxhlet donne la plus faible concentration ($15,41 \pm 0$ et $19,84 \pm 4,29$ mg Eq C/g d'extrait) chez la lavande et le romarin, par contre la macération et la décoction chez le thym donnent la meilleure concentration en FT ($103,27 \pm 1,04$ et $107,87 \pm 0$ mg Eq C/g d'extrait) et l'infusion donne la plus faible concentration ($72,17 \pm 3,06$ mg Eq C/g d'extrait). Le schéma global du graphe de la teneur en FT est similaire à celui de la teneur en PT. Ce constat nous laisse penser que cette fraction flavonoïdique influence significativement les résultats du test précédent par sa réaction avec le réactif de Folin, car les flavonoïdes représentent la plus grande partie des polyphénols totaux (plus de 60%) (Brglez Mojzer et *al.*, 2016).

D'après Gouegoui et *al.*, 2018, les résultats de la teneur en flavonoïdes totaux du décocté, de l'infusé et du macérât obtenus par les trois modes d'extraction montrent que la décoction est préférable pour extraire les flavonoïdes. Selon Brglez Mojzer et *al.*, 2016, les flavonoïdes ont une caractéristique très importante, c'est leur polarité qui influence de manière significative le choix de la méthode d'extraction. Les isoflavones, les flavanones, les flavones méthylées et les flavonols, en tant que flavonoïdes moins polaires, sont extraits avec des solvants organiques. Les glycosides flavonoïdes et les aglycones polaires sont extraits en utilisant des alcools ou un mélange alcool-eau. Dans ce contexte, Dailey and Vuong, 2015 confirment que l'eau a un meilleur rendement d'extraction par rapport à l'éthanol, cette différence s'explique par les différentes polarités des solvants, qui ont permis d'extraire sélectivement des flavonoïdes totaux.

La diversité génétique et les variations biologiques, environnementales, saisonnières et annuelles ont eu un impact significatif sur la teneur en flavonoïdes des plantes (Aryal et *al.*, 2019).

2.3.Tannins condensés

La teneur en tanins condensés a été obtenue à partir de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant la catéchine comme standard. Les résultats ont été déterminés à



partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage (figure 23), et sont exprimés en mg eq C/g d'extrait (figure 24).

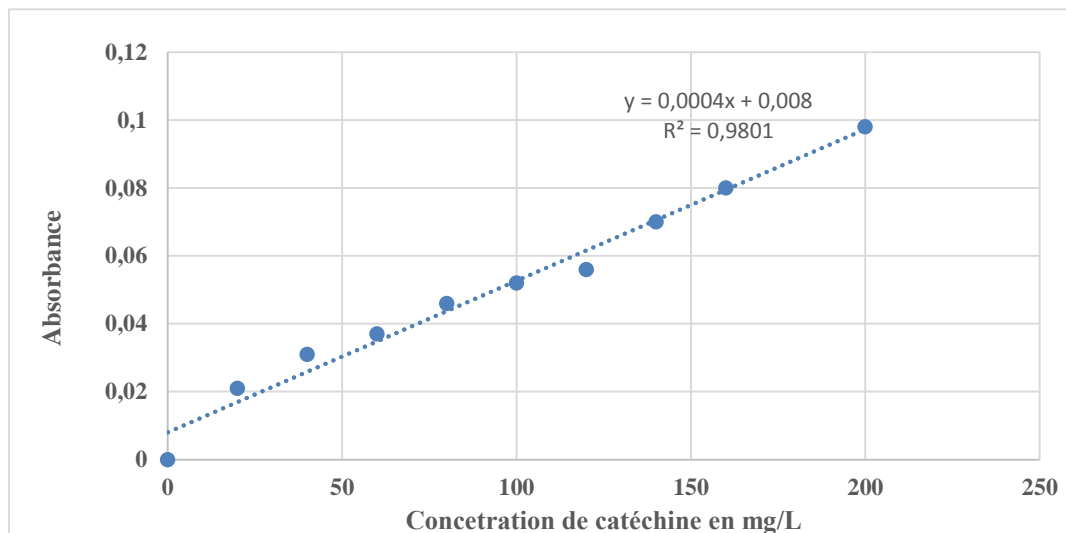


Fig23. Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tannins condensés.

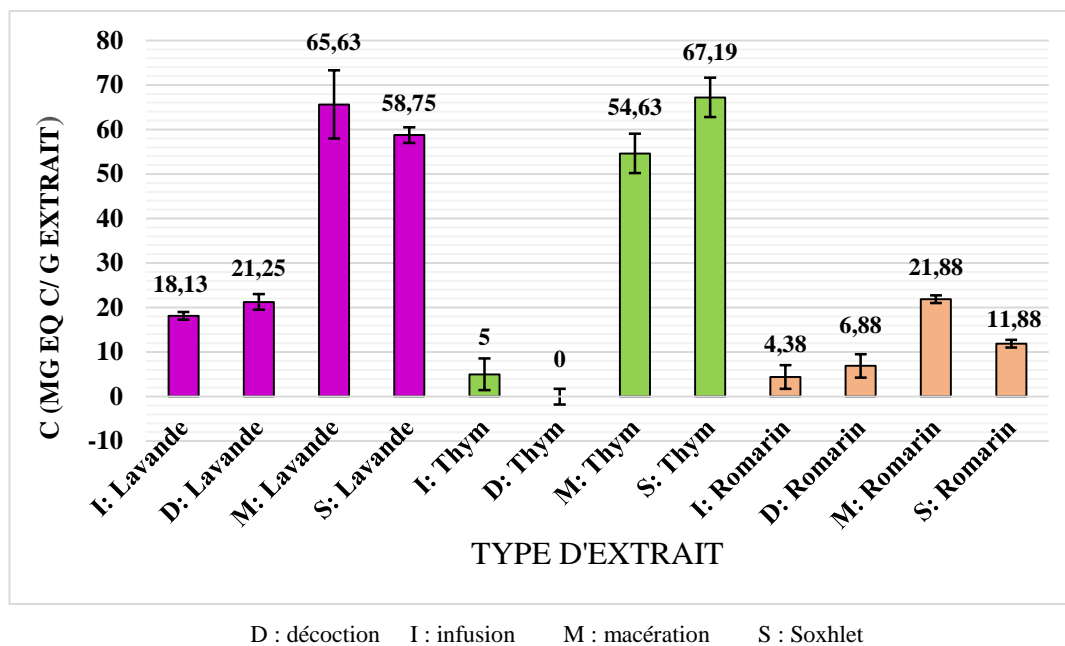


Fig24. Teneurs en tannins condensés des trois plantes (03) dans différents extraits.

L'histogramme ci-dessus montre la variation de la teneur en tannins condensés (TC) en fonction de la méthode d'extraction. En termes de technique d'extraction, les résultats ont révélé le contraire de ce qui a été obtenu dans les autres dosages. Cette fois-ci, la macération et l'extraction par Soxhlet donnent les meilleures concentrations en TC par rapport à l'infusion et la décoction.



D'après Rhazi et *al.*, 2019, le temps de progression de l'extraction améliore la teneur en tannins condensés, dans notre étude c'est le cas de la macération qui a duré 72 heures et cela peut expliquer la teneur élevée des TC.

La macération et l'extraction par Soxhlet ont été réalisées par l'éthanol, par contre la décoction et l'infusion par l'eau et dans ce contexte, Rhazi et *al.*, 2015 confirment que la différence de rendement, pour les tannins condensés, peut être attribuée à la différence de degré de polymérisation des tannins extraits par différents solvants. Le rendement le plus important a été obtenu avec l'éthanol, suivi du rendement obtenu avec le méthanol et enfin le rendement obtenu avec l'eau. Ces différences sont dues à la polarité importante de l'eau qui réduit son affinité avec les polymères moyennement, voire faiblement polaires.

3. Activité antioxydante

Dans le test de l'activité biologique, nous avons choisi seulement un extrait aqueux (décoction) et un extrait alcoolique (macération) à cause des similitudes observées à tous les niveaux entre les extraits obtenus par le même solvant.

La capacité du piégeage du radical libre DPPH est déterminée par une augmentation proportionnelle des inhibitions du radical libre de DPPH en fonction de différentes concentrations (figure 25).



Fig25. Réaction d'inhibitions du radical libre de DPPH.



Cette inhibition a été exprimée en pourcentage, ce qui a permis l'obtention des courbes logarithmiques (figure 26 et 27) de l'effet antiradicalaire des extraits aqueux et éthanoliques des trois (03) plantes et des standards de référence (acide gallique, catéchine et acide ascorbique).

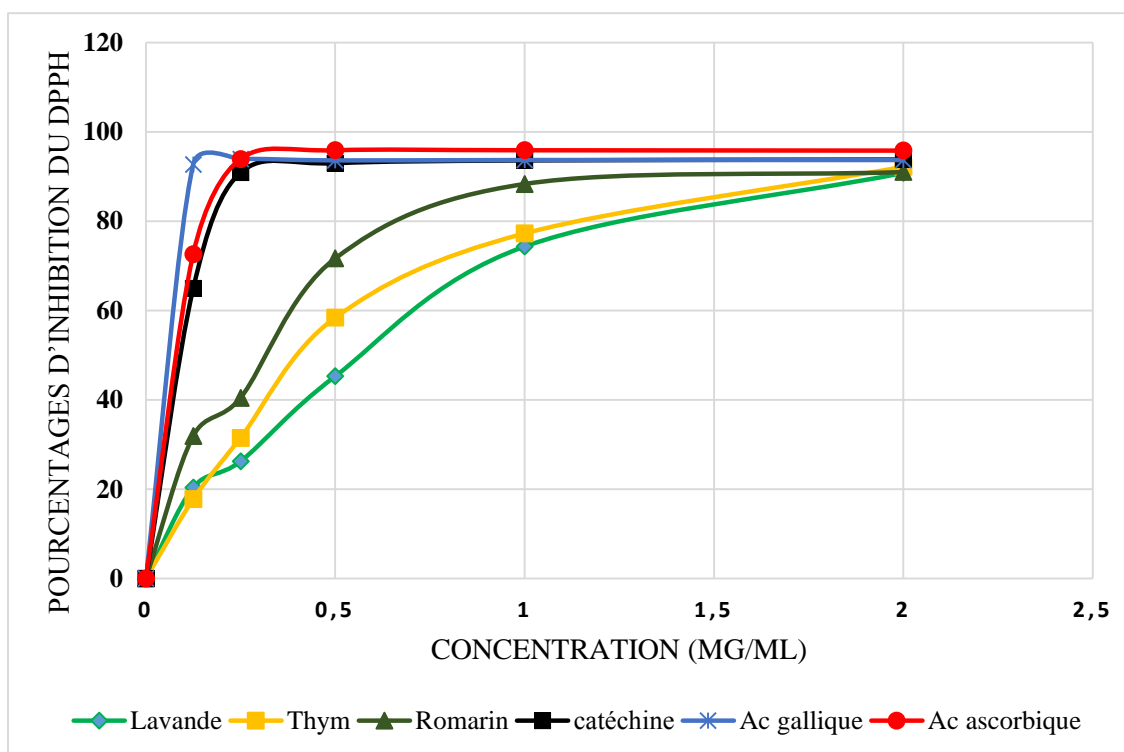


Fig26. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits des trois (03) plantes obtenus par décoction, et les standards .

Nos résultats permettent de mettre en évidence par le test du DPPH que les trois (03) plantes extraites par décoction possèdent une activité antioxydante un peu plus faible par rapport aux standards qui ont presque le même pouvoir antioxydant. À la concentration 2mg/ml, le pourcentage d'inhibition de nos extraits est maximal, le thym présente le plus grand pourcentage d'inhibition (92%) suivi par le romarin et la lavande (91%). En revanche, les standards de référence atteignent ces taux d'inhibition à des concentrations inférieures à 0.25 mg/ml.



Le graphe ci-dessous (figure 27) est celui de la macération. Les macérâts de nos plantes sont moins actifs que les décoctés. On le constate à travers les formes des graphes et aussi le maximum d'inhibition qui atteint 88% pour le romarin et le thym et seulement 14% pour la lavande. Cela montre clairement les extraits obtenus par les différentes techniques sont qualitativement différents parce que l'activité biologique dépend de la nature chimique des composés et non pas leurs quantités.

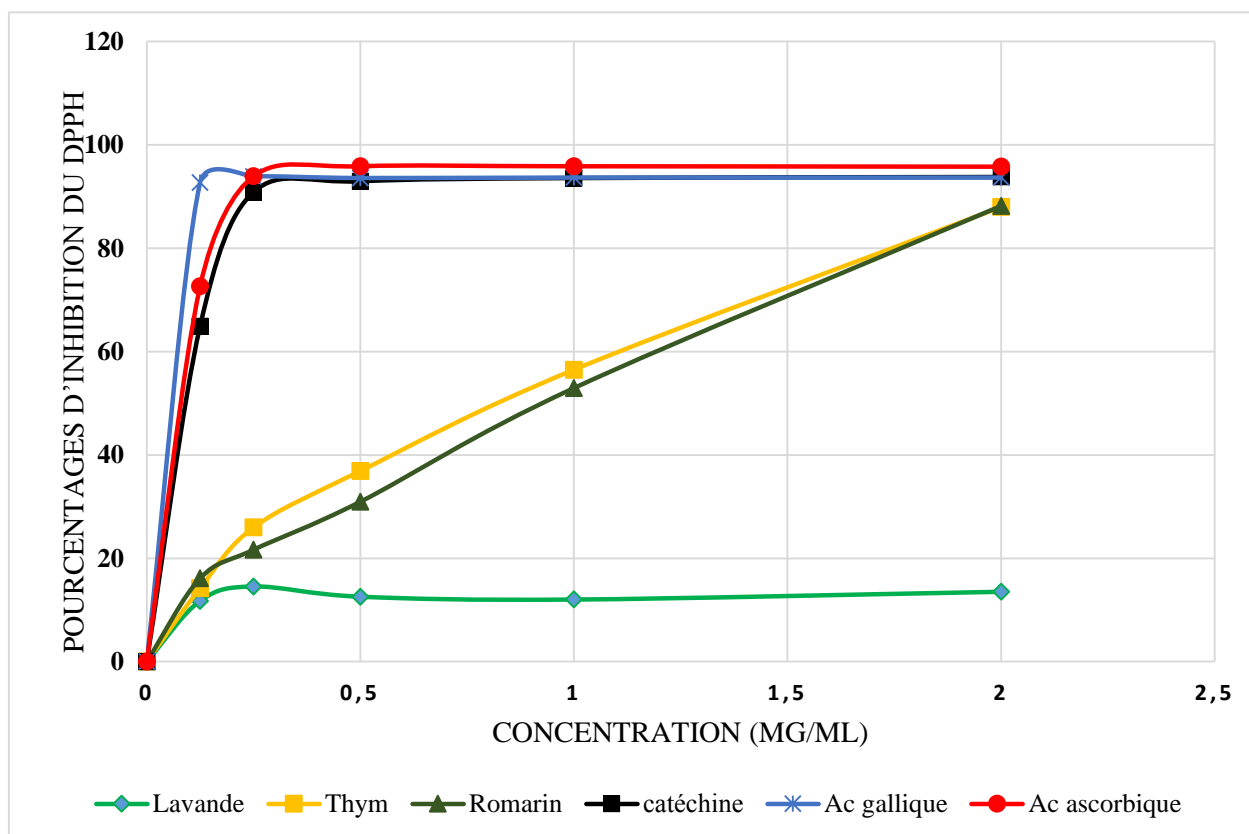


Fig27. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits des trois(03) plantes obtenues par macération, et des standards.



Afin de comparer d'avantage nos résultats, nous avons calculé les valeurs IC_{50} déterminées en $\mu\text{g/ml}$ exprimant la concentration efficace de l'extrait antioxydant nécessaire pour le piégeage et la réduction de 50% de moles de DPPH (Tableau 01).

Tableau 01. Valeurs des IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$) des extraits des trois (03) plantes extrait par décoction et macération

Extraits	Lavande	Thym	Romarin	Catéchine	Ac. gallique	Ac. ascorbique
Décoction	603,60	419,23	310,11	96,29	67,42	86,08
Macération	160214,78	964,22	1009,73			

NB : les standards ont été préparés dans des solvants selon leurs solubilités préférentielles.

En comparant les IC_{50} des extraits des trois (03) plantes, on constate que les valeurs obtenues par les décoctés sont inférieurs à 1mg/ml , ce qui est considérable comme activité antioxydante notamment lorsqu'il s'agit des extraits bruts. Le romarin présente la meilleure activité avec une IC_{50} de $310\mu\text{g/ml}$. Les standards de références sont plus actifs parce qu'il s'agit de composés purs et à potentiels antioxydants connus.

La variation des propriétés antioxydantes peut s'expliquer par les composés phénoliques qui ont été dissous différemment en raison des différentes polarités des solvants utilisés (Dailey and Vuong, 2015). Dans ce contexte Brglez Mojzer et *al.*, 2016 confirment que le pouvoir antioxydant est généralement lié au contenu phénolique et le pouvoir d'extraction du solvant qui représente le facteur le plus important affectant la capacité antioxydante.

Certains travaux indiquent que plus de 90% de la capacité antioxydante des extraits est dus à la contribution des composés phénoliques qui sont les antioxydants dominants dans les extraits végétaux. La teneur en phénols totaux est souvent corrélée significativement avec leurs activités antiradicalaires (Evenamede et *al.*, 2018, Ouedraogo et *al.*, 2015).

La famille des lamiacées comporte des plantes aromatiques et médicinales qui peuvent être exploitées par leur richesse en polyphénols considérés comme des



antioxydants (Oreopoulou et *al.*, 2019). La variabilité qualitative et quantitative en polyphénols chez nos espèces végétales de la même famille a sans doute un effet déterminant, non seulement sur l'activité antioxydante qu'on a testée dans ce travail, mais aussi sur les autres activités biologiques. Cette variabilité est due aux techniques d'extraction utilisées, aux facteurs génotypiques et aussi aux conditions biotiques (espèce, organe et stade physiologique) et abiotiques (facteurs édaphiques, l'étage bioclimatique et aussi le microclimat où poussent ces plantes) (Benhammou, 2012).

Conclusion



CONCLUSION

La connaissance et l'utilisation de plantes en phytothérapie constituent un patrimoine considérable pour l'être humain, leurs intérêts viennent d'une part du fait que ces plantes représentent une source de substances naturelles bioactives et d'autre part du besoin d'une thérapie sans un effet secondaire.

L'objectif primordial de ce travail consiste à réaliser une étude comparative afin de déterminer l'effet de différentes techniques d'extraction (traditionnelle, industrielle) en utilisant l'eau et l'éthanol sur le rendement, la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits de quelques lamiacées : *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis* et *Lavandula dentata*.

Les résultats ont révélé, d'une manière générale, que la décoction et l'extraction par Soxhlet donnent les meilleurs rendements. Dans le premier procédé, cela est dû probablement à la chaleur qui permet l'éclatement des cellules et la libération de leurs contenus, et dans le second, c'est les cycles successifs d'extraction qui permettent l'épuisement de la matière végétale. Le dosage des composés phénoliques a révélé que les extraits aqueux renferment plus de phénols totaux et de flavonoïdes. En revanche, les extraits éthanoliques sont eux qui renferment la forte teneur en tannins condensés. Alors, on conclut que ces résultats sont dus, en premier lieu, aux affinités des classes chimiques avec la nature des solvants utilisés, et la technique d'extraction n'est qu'un facteur complémentaire. Quant aux résultats de l'activité antioxydante, on a constaté que les décoctés sont plus actifs parce qu'ils renferment potentiellement des composés réducteurs du radical DPPH. Ce résultat est à prendre avec prudence parce que la méthode du DPPH ne teste pas tous les mécanismes de l'activité antioxydante, et ce radical n'existe pas *in vivo*. C'est la raison pour laquelle on suggère qu'il faut toujours multiplier les modèles expérimentaux lors du test de cette activité afin d'avoir des résultats plus concluants.

A la lumière de ces résultats, cette étude préliminaire nécessite d'autres recherches approfondies afin de :

- Mettre en valeur d'autres espèces de la famille des lamiacées, et la caractérisation chimique d'autres classes de composés phénoliques extraits en



utilisant des mélanges de solvants miscibles par exemple, et aussi en employant des techniques modernes comme l'extraction par ultrasons et l'extraction assistée par micro-ondes...

- Évaluation de l'activité antioxydante par d'autres méthodes (FRAP-blanchissement du β -carotène...).
- Faire d'autres tests biologiques *in vivo* et *in vitro* qui permettront de vérifier quelques effets thérapeutiques (antibactériens, anti-inflammatoires et anticancéreux...).



Références bibliographiques



- Ali-Delille, L., (2013). Les plantes médicinales d'Algérie, Berti. ed. Alger.
- Aryal, S., Baniya, M.K., Danekhu, K., Kunwar, P., Gurung, R., Koirala, N., (2019). Total Phenolic Content, Flavonoid Content and Antioxidant Potential of Wild Vegetables from Western Nepal. *Plants*, 8, 96.
- Bailak, R., Arbouz, A., (2019). Etude ethnobotanique des plantes médicinales de la région de Ain Elberd. Mémoire de master. Djilali Liabes, Sidi Bel Abbes.
- Baldovini, N., Lavoine-Hanneguelle, S., Ferrando, G., Dusart, G., Lizzani-Cuvelier, L., (2005). Necrodane monoterpénoids from *Lavandula luisieri*. *Phytochemistry, Structure Elucidation*, 66, 1651–1655.
- Bayer, E., Buttler, K. p, Finkenzeller, X., (2009). Guide de la flore méditerranéenne. Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536. Delachaux et Niestlé.
- Bénédict, H.; (2008). Phytothérapie et aromathérapie en élevage biologique bovin enquête auprès de 271 éleveurs de France .Thèse de doctorat : vétérinaire. Lyon : université Claude Bernard de médecine et pharmacie, 144 p.
- Benhammou, N., Bekkara, F.A., Kadifkova Panovska, T., (2009). Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus Chimie* 12, 1259–1266.
- Benhammou, N., (2012). Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien. Thèse de doctorat : Biologie. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaïd, 113p.
- Boizot, N., Charpentier, 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.
- Bousmaha, L., Boti, J.B., Bekkara, F.A., Castola, V., Casanova, J., (2006). Intraspecific chemical variability of the essential oil of *Lavandula dentata* L. from Algeria. *Flavour Fragr. J.* 21, 368–372.



Bousmaha, L.; Atik Bekkara, F.; Tomi, F.; Casanova, J.; (2007) .Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. ssp. eu-ciliatus Maire from Algeria. J Essent Oil Res. 19, 490, 3.

Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž., Bren, U., (2016). Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. Molecules 21.

Bruneton, J., (1999). Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes médicinales, 3ème édition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

Bruneton, J., (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 4ème édition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

Bruneton, J., (2016). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 5ème édition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

Chang, C.L., Wang, G.J., Zhang, L.J., Tsai, W.J., Chen, R.Y., Wua, Y.C. & Kuo, Y.H., (2009). Cardiovascular protective flavonolignans and flavonoids from *Calamus quiquesetinervius*. Phytochemistry. 10: 1–9.

Choudhury, R. P. ; Kumar, A. ; Garg, A. N., (2006) .Analysis of Indian mint (*Mentha spicata*) for essential, trace and toxic elements and its antioxidant behaviour. J Pharm Biomed Anal. 7, 825-32.

Corticchiato, M.; Corticchiato, F.; Tomi, A.F.; Bernardin, J. Casanova., (1998). Composition and intraspecific variability of essential oil from *Thymus herba barona* Lois. Biochem Syst Ecol. 26, 915-932.

Dailey, A., Vuong, Q.V., (2015). Effect of extraction solvents on recovery of bioactive compounds and antioxidant properties from macadamia (*Macadamia tetraphylla*) skin waste. Cogent Food & Agriculture 1, 1115646.

Dessouroux, A., Seyrig, C., Leclerc, C., (2011). Point sur la qualité des extraits fluides glycerinés de plantes fraîches standardisés (EPS) et leur intérêt pharmacologique. Phytothérapie 9, 249.



Dias, L.S., Menis, M.E., Jorge, N., (2015). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extracts on the oxidative stability and sensory acceptability of soybean oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95(10); 2021-7.

Di Ferdinando, M., Brunetti, C., Agati, G., Tattini, M., (2014). Multiple functions of polyphenols in plants inhabiting unfavorable Mediterranean areas. *Environmental and Experimental Botany* 103, 107–116.

Dimitrijević, S. I.; Mihajlovski, K. R.; Antonović, D. G.; Milanović-Stevanović, M. R.; Mijin, D. Z.; (2007). A study of the synergistic antilisterial effects of a sub-lethal dose of lactic-acid and essential oils from *Thymus vulgaris* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Origanum vulgare* L. *Food Chem.*, 104, 774-782.

Djefal, B., Sabbar, H., (2019). Etude ethnobotanique des plantes médicinales de la région de Téalagh. Mémoire de master. Djilali Liabes, Sidi Bel Abbes.

Dob, T., Dahmane, D., Agli, M., Chelghoum, C., (2006). Essential Oil Composition of *Lavandula stoechas*. from Algeria. *Pharmaceutical Biology* 44, 60–64.

Dob, T.; Dahmane, D.; Benabdelkader, T.; Chelghoum, C., (2006) Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis*. *Boiss et Reut. Int J Aromather.* 16: 95-100.

Eberhard, T., Robert, A., Annelise, L., (2005). *Plantes aromatiques, épice aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

Evenamede, K., Kpegba, K., Simalou, O., Boyode, P., Agbonon, A., Gbeassor, M., (2018). Etude comparative des activités antioxydantes d'extraits éthanoliques de feuilles, d'écorces et de racines de *Cassia sieberiana*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11, 2924.

Farnsworth, NR., Kingdom, AD., Soefarto, DD., (1985). In: Wagner H, Farnsworth, NR., editors, *Economic and Medicinal plant Research*, Vol, I, London: academic press; pp. 166-167.



Fellah, S.; Romdhane, M.; Abderraba, A., (2006). Extraction Et Etude Des Huiles Essentielles De La *Salvia Officinalis*.L Cueillie Dans Deux Regions Differentes De La Tunisie. J.Soc.Alger.Chim., 16, 193-202.

Fleurentin, J., & Pelt, J.M. (1990). Les plantes médicinales. La Recherche, 21(222), 811- 818.

Formica, J.V., Regelson, W., (1995). Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. Food and Chemical Toxicology 33, 1061–1080.

Gachkar, L., Yadegari, D.; Rezaei, M.; Taghizadeh, M.; Astaneh, S.; Rasooli, I., (2007). Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. Food Chemistry., 102, 898-904.

Garnero, P., Rousseau, J.C., and Delmas, P.D., (2000). Molecular basis and clinical use of biochemical markers of bone, cartilage, and synovium in joint diseases. Arthritis and Rheumatism 43, 953-968.

Gouegoui, S.P.B., Bohui, A., Adima, F., Niamké, J., N'guessan, D., Pacôme, S., Bohui, G., Adima, A., Niamké, F., N'guessan, J., (2018). Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : *Azadirachta indica* et *Psidium guajava* , 46, 50–58.

Grayer, R.J., & Harborne, J.B., (1994). A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982-1993. Phytochemistry, 37, 19-42.

Grünwald, J., Jänicke, C., Wobst, B., (2006). Guide de la phytothérapie. Paris : Marabout, 416p.

Guignard, J.L., (2012). Biochimie végétale. Paris: Edition Masson, 236 p.

Gurib-Fakim, A., (2006). Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. Mol Aspects Med 27: 1 - 93.

Hadj Salem, J., (2009). Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés acylés de ces molécules par voie enzymatique. INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE.



Hajjaj, G., (2017). Screening phytochimique, étude toxicologique et valorisation pharmacologique de *Matricaria chamomilla* L. Et de l'*Ormenis mixta* L. (ASTERACEAE), Thèse de doctorat en pharmacie. Université Mohammed V, Maroc.

Hayouni, E.A., Abedrabba. M., Bouix, M., Hamdi, M., (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. Food Chemistry, 105, 1126-1134.

Hilan, C.; Sfeir, R.; Jawich D.; Aitour, S., (2006). Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des *Lamiaceae*. Journal Scientifique Libanais. 7, 13-22.

Hoerni, B. B., (1971). Les cancers de A à Z : dictionnaire historique, médical, scientifique, culturel des cancers, Lavoisier. 2001. Jalas, J. Note of *Thymus* L. (Labiatae) in Europe.I. Supraspecific classification and nomenclature. Botanical Journal of the Linnean Society, 6, 199-215.

Igor Passi, L.B.; (2002). Etude des activités biologiques de *Fagara zanthoxylo* des Lamiacées. Thèse pharmacie pour obtenir le grade de Doctorat en pharmacie (Diplôme d'Etat), Bamako-Mali.

Iserin, P., (2001). Larousse Encyclopédie des plantes médicinales. Ed Larousse, pp10, 335.

Judd Walter, S., Campbell Christopher S, Kellogg Elizabeth A, Stevens Peter, (2002). Botanique Systématique, une perspective phylogénétique. Edition De Boeck Université ,84-87 ,396-399.

Kabouche, A.; Kabouche, Z.; Bruneau, C., (2005). Analysis of the essential oil of *Thymus numidicus* (Poiret) from Algeria. Flavour and Fragrance Journal. 20, 235-236.

Keller, N.P., Turner, G., Bennett, J.W., (2005). Fungal secondary metabolism — from biochemistry to genomics. Nat Rev Microbiol 3, 937–947.



Konate, N., (2011). Etude de la consommation des médicaments traditionnels améliorés dans le cercle de Kadiolo. Thèse de Pharmacie. Bamako, Mali : Université de Bamako, 178 p.

Le, K., Chiu, F., Ng, K., (2007). Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. *Food Chemistry* 105, 353–363.

Lee, K.H., (2004). Current developments in the discovery and design of new drug candidates from plant natural product leads. *J. of Nat. Prod.*, 67, 273-283.

Lee, S. J.; Umamo, K.; Shibamoto, T.; Lee, K. G., (2005). Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *J Food Chem.* 91, 131–137.

Leong, L.P., Shui, G., (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry* 76, 69–75.

Leplat, M., (2017). Le romarin, *Rosmarinus officinalis* L., une Lamiacée médicinale de la garrigue provençale.

Macheix, J.-J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C., (2005). Les composés phénoliques des végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, biologie. Presses polytechniques et universitaires Ronandes, Lausanne.

Marzouk, Z.; Neffati, A.; Marzouk, B.; Chraief, I.; Fatiha, K.; Chekir Ghedira, L.; Boukef, K., (2006). *Food. Agriculture & Environment.* 4, 61-65.

Mutalib, L., (2015). Comparison between conventional and modern methods for extraction of *Rosmarinus officinalis* leaves. *Zanco Journal of Medical Sciences* 19, 1029–1034.

Nantitanon, W., Yotsawimonwat, S., Okonogi, S., (2010). Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT - Food Science and Technology* 43, 1095–1103.

Nickavar, B.; Mojab, F.; Dolat-Abadi, R., (2005). Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. *Food. Chem.* 90, 609-611.



Oluwatuyi, M., Kaatz, G.W., Gibbons, S., (2004). Antibacterial and resistance modifying activity of *Rosmarinus officinalis*. *Phytochemistry*, 65; 3249-54.

Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., Oreopoulou, V., (2019). Extraction of Polyphenols From Aromatic and Medicinal Plants: An Overview of the Methods and the Effect of Extraction Parameters, in: *Polyphenols in Plants*. Elsevier, pp. 243–259.

Ouedraogo, R., Koala, M., Dabire, C.M., Hema, A.M., Bazie, V., Outtara, L., Gnoula, C., Pale, E., Nebie, R., (2015). Teneur en phénols totaux et activité antioxydante des extraits des trois principales variétés d'oignons (*Allium cepa* L.) cultivées dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso.

Pelletier, S.; Caventon, J. J. Ann., (1820). *Chim. Phys.*14, 69.

Poirot, R., (2007). Méthodologie pour le passage en continu d'extraction de solute à partir de matière végétale. Thèse de doctorat Génie des procédés et Environnement. TOULOUSE : L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE, 129p.

Price, M.L., Van Scoyoc, S., Butler, L.G., (1978). A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 26, 1214–1218.

Rasooli, I.; Mirmostafa, S. A., (2002). Antibacterial properties of *Thymus pubescens* and *Thymus serpyllum* essential oils. *Fitoterapia*. 73, 3, 244-250.

Rebey, I.B., Bourgou, S., Tounsi, M.S., Fauconnier, M.L., Ksouri, R., (2017). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Lavandula dentate* extracts. *Journal of New Sciences* 39.

Rhazi, N., Oumam, M.M., Hannache, H., Sesbou, A., Charrier, B., Pizzi, A.P., Charrier - El Bouhtoury, F., (2015). Comparison of the impact of different extraction methods on polyphenols yields and tannins extracted from Moroccan *Acacia mollissima* barks. *Industrial Crops and Products* 70.



Rhazi, N., Hannache, H., Oumam, M., Sesbou, A., Charrier, B., Pizzi, A., Charrier-El Bouhtoury, F., (2019). Green extraction process of tannins obtained from Moroccan *Acacia mollissima* barks by microwave: Modeling and optimization of the process using the response surface methodology RSM. *Arabian Journal of Chemistry* 12, 2668–2684.

Sandhar, H.K., Kumar, B., Prasher, S., Tiwari, P., Salhan, M., Sharma, P., (2011). A Review of Phytochemistry and Pharmacology of Flavonoids INTRODUCTION 1, 25–41.

Scarpati, M., Oriente, G., (1993). Isolamento e costituzione dell'acido rosmarinico (dal *Rosmarinus off*), *Journal of Rice Science* 28: 2329-2333.

Schauenberg, P., Paris, F., (2006). Guides des plantes médicinales analyse, description et utilisation de 400 plantes. Edition de la chaux et niestlé, Paris, pp 33-34.

Selles C., (2012). Valorisation d'une plante médicinale à activité antidiabétique de la région de Tlemcen : *Anacyclus pyrethrum* L. Application de l'extrait aqueux à l'inhibition de corrosion d'un acier doux dans H₂SO₄ 0.5M. Thèse de doctorat : chimie physique. Université Abou bekr belkaid. Tlemcen, Alger.

Senatore, F., (1996). Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (Southern Italy). *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1327-1332.

Senhaji, S., Lamchouri, F., Toufik, H., (2020). Phytochemical Content, Antibacterial and Antioxidant Potential of Endemic Plant *Anabasis aretioides* Coss. & Moq. (Chenopodiaceae) [WWW Document]. *BioMed Research International*.

Stahl-Biskup, E.; Saez, F., (2002). Thyme. The genus *Thymus*. London; New York, USA: Taylor & Francis.

Stankovic, M., (2020). Lamiaceae Species: Biology, Ecology and Practical Uses. MDPI.



Tedone, L.; D'andrea, L.; Marzi, V., (2001). Caratterizzazione biomorfologica e valutazione agronomica di specie e popolazioni di timo (*Thymus* spp.) nell'area mediterranea. Atti del VI Convegno delle Biodiversità, Valenzano. 6 settembre, 1134–1142.

Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A., (2005). Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles), Lavoisier. ed.

Tlili-Ait Kaki, Y., Bennadja, S., & Chefrour, A. (2013). Revalorisation d'une essence endémique: le sapin de Numidie (*Abies numidica*). *Fl. Médit.*, 23, 123-129.

Upton, T., (2006). *Rosmarinus eriocalyx*, Labiatae. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK and Malden, USA. 62-68.

Web Master 1: eFlore, n.d.. Tela Botanica. URL <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-68271-illustrations> (consulté le 09.05.2020).

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64, 555–559.

