



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université Abbès Laghrouir-Khenchela-
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique

FILIÈRE : Science Biologique

OPTION : Biochimie Appliquée

Thème

**Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la
teneur en composés phénoliques et les propriétés
antioxydantes d'une plante médicinale**

Présenté par :

M^{elle}. Atallah Chaima, M^{elle}. Ghodbane Sara

Date de soutenance

06/2024

Membres du jury :

Présidente : M^{me} Krim Meriem (MCB) Université Abbès Laghrouir Khenchela

Promotrice: M^{me} Arab Yasmine (MCB) Université Abbès Laghrouir Khenchela

Examinatrice : M^{me} Bouhalit Samira (MCA) Université Abbès Laghrouir-Khenchela

Année Universitaire : 2023/2024



REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous tenons à remercier infiniment et profondément **Dieu**, pour nous avoir donné le courage, la volonté, la santé et surtout la patience pour achever ce travail.*

*Nous voudrions tout d'abord adresser toute nos vive reconnaissance à notre promotrice **Madame ARAB YASMINE** pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique .Merci a leur patience, disponibilité et surtout leur judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexion , et la confiance qu'elle nous a accordée pour permis de réaliser ce travail, et une grande merci surtout pour vos qualités scientifiques et humaines qui resteront pour nous l'exemple.*

*Nous tenons à remercier les membres du jury **M^{me}. KRIM Meriem** et **M^{me} Bouhalit Samira** pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils nos adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer nos travail.*

*Sans oublier de remercier vivement **M^{me} Bahia** Responsable du laboratoire pédagogique de faculté de la nature et de la vie d'Université –khenchela- pour sa aide matériel et moral.*

Nos remerciements s'adressent aussi à tout le personnel du département de Biologie de l'Université Abbes laghrour –khenchela- .

Enfin, A toutes personnes qui ont participé de près ou de loin, directement ou Indirectement à la réalisation de ce travail.

Chaima et Sara



DEDICACES

*A **Allah**, qui m'a guidé dans le bon chemin et m'a donné la volonté et la force.*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère **Souka khemissa**.*

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu le gardes et le protège... **Atallah Aziz***

*A mon adorable sœur **Imane** pour leur amour, leur soutien, et leurs encouragements et mon cher frère **Abderrahman** mon ange gardiens et ma fidèle compagne dans les moments les plus délicates cette vie mystérieuse.*

*A mon fiancé **Lakhdar Ibrahim** qui a été toujours à coté du moi pendant tous mon étude, merci pour vos soutiens moral, vos confiances et vos conseils précieux, qui m'ont aidé dans les moments difficiles.*

*Mon meilleur binôme **Sara et sa famille** avec qui j'ai passé l'une des meilleures années durant mon cursus universitaire merci pour votre compréhension et collaboration qui m'ont aidé beaucoup pour faire ce travail.*

*Sans oublier mes très chers copines : **Roumaïssa, Malak, Dounia, Mouna, Manel** que dieu nous garde toujours unis.*

*Enfin je le dédie à **moi-même***





DEDICACES

*Avant tout, je remercie l'aide d'**ALLAH** tout puissant, qui nous a aidés à élaborer ce modeste travail.*

*Je dédie ce travail d'abord, à l'âme de mon bien-aimé et ami, mon défunt père, si Dieu le veut, votre souhait sera exaucé, ma bien-aimée, et vous ne serez pas déçus dans votre tombe. Je garderai toujours ta tête haute. Aujourd'hui j'ai tellement souhaité j'aurais aimé que tu sois là, que Dieu ait pitié de toi mon cher père **Ghodbane Elmanaa**.*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, qui m'ont donné confiance, courage et sécurité, à ma mère **Rebiai Warda**.*

*A mes frères **Naim...Mohamed Amine**, demain ne sera pas comme hier, il sera nouveau et il dépendra de nous. Notre avenir comme notre passé doit être solidaire. C'est la plus belle chose qui nous est donnée naturellement notre force résidera toujours dans notre sincère entente et notre esprit de fraternité.*

*Mon meilleure amie **Chaima** et **Sa famille**, avec qui j'ai passé l'une des années les plus enrichissantes de mon parcours universitaire, sont reconnaissants pour votre compréhension et votre collaboration qui m'ont grandement aidé dans cette tâche.*

*A mes très chers copines : **Amira, Malak, Dounia**, qui restent toujours gardent une grande place dans mon cœur, qu'avec eux j'ai passé des milliers moments.*

*Enfin je le dédie à **moi-même***

Sara



Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé.....	I
Liste des abréviations.....	IV
Liste des Figures.....	V
Liste des Tableaux.....	VI
Introduction.....	1

Partie I: Synthèse bibliographique

Chapitre I: *Matricaria chamomilla L*

I. Les plantes médicinales	3
I.1. Généralités.....	3
I.2. Les principes actifs des plantes médicinales	4
I.2.1. Les composées phénoliques.....	4
I.1.2.1. Acides phénoliques	5
I.2.1.2. Les flavonoïdes	5
I.2.1.3. Les alcaloïdes	5
I.2.2. Les Terpènes.....	6
I.3. Les domaines d'application des plantes.....	6
I.3.1. Utilisation en médecine.....	6
I.3.2. Utilisation en alimentation	6
I.3.3. Utilisation en cosmétique	6
I.3.4. Utilisation en agriculture	6
I.4. Mode de préparation	7
I.4.1. L'infusion.....	7
I.4.2. La décoction	7
I.4.3. La macération.....	7

II. Présentation de la plante étudiée	8
II.1. Généralité sur la famille des Astéracées	8
II.2. <i>Matricaria chamomilla</i> L.....	9
II.2.1. Etymologie	9
II.2.2. Nomenclature	9
II.2.3. Systématique	9
II.2.4. Habitat et distribution géographique.....	10
II.2.5. Description botanique.....	10
II.2.6. Principaux constituants chimiques des capitules floraux de <i>Matricaria chamomilla</i> L.....	11
II.2.7. Usages traditionnels et thérapeutiques.....	12

Chapitre II : Le stress oxydant et les antioxydants

I. Le stress oxydatif.....	13
I.2. Origine du stress oxydant.....	13
II. Les radicaux libres	14
II.2. Définition.....	14
II.3. Sources des radicaux libres	14
II.4. Rôles physiologiques des radicaux libres	15
III. Les antioxydants	15
III.2. Classification des antioxydants	15
III.2.1. Les antioxydants endogènes	15
III.2.2. Les antioxydants exogènes	15

Partie II: Etude expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I. Matériel.....	17
I.1. Réactifs chimiques utilisés	17
I.2. Appareillage.....	17

II. Méthode.....	17
II.1. Matériel végétal.....	17
II.2. Méthode d'extraction.....	18
II.2.1 Infusion	18
II.2.2. Décoction	18
II.2.3. Macération alcoolique.....	18
II.3. Détermination du rendement d'extraction	19
II. Analyse quantitative	19
III.1. Dosage des polyphénols totaux.....	19
III.1.1. Principe.....	19
III.1.2. Mode opératoire	19
III.2. Dosage des flavonoïdes	20
III.2.1. Principe.....	20
III.2.2. Mode opératoire	20
IV. Activité antioxydante	21
IV.2. Test de piégeage du radical	
2,2-Diphényl-1- picrylhydrazyl (DPPH).....	21
IV.2.1. Principe.....	21
IV.1.2. Mode opératoire	21
IV.1.3. Expression des résultats	21
IV.1.4. Analyse statistique	22

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Rendement d'extraction.....	23
II .Analyse quantitative	24
II.1. Teneur des polyphénols totaux.....	24
II.2. Teneur des flavonoïdes totaux	26
III. Activité antioxydante.....	28

Conclusion.....	31
Références bibliographie.....	32

Résumé

Matricaria chamomilla L appartient à la famille des Astéracées. C'est une plante médicinale largement utilisée depuis l'antiquité dans la médecine traditionnelle en raison de leur propriété thérapeutique importante. Cette étude se concentre sur la comparaison du contenu phénolique ainsi que sur l'évaluation de pouvoir antioxydant des extraits obtenus à partir de trois méthodes d'extraction différentes à savoir la macération hydro-alcoolique , l'infusion et la décoction. Les meilleurs rendements d'extraction sont enregistrés par la décoction (MC2) et l'infusion (MC1) avec des valeurs de 69,81% % et 60%, respectivement. La teneur totale en composés phénoliques a été déterminée en utilisant la méthode de Folin Ciocalteu, tandis que le dosage des flavonoïdes a été évalué en utilisant la méthode des trichlorure d'aluminium $AlCl_3$, les meilleurs teneurs ont été observées pour l'extrait hydro-alcoolique (MC3) avec $96,39 \pm 2,12 \mu\text{g EAG/mgE}$ et $38,3 \pm 0,87 \mu\text{g EQ/mgE}$, respectivement. Le pouvoir antiradicalaire a été évalué en utilisant le test de DPPH, les concentrations inhibitrices à 50% (IC_{50}) sont estimées à IC_{50} égale à $4,8 \pm 0,105 \mu\text{g/ml}$ (MC3), $5,77 \pm 0,36 \mu\text{g/ml}$ (MC1) et $5,89 \pm 0,7 \mu\text{g/ml}$ (MC2). Cette étude montre que l'extraction par macération est la meilleure méthode pour extraire les polyphénols et obtenir la plus forte capacité antioxydant.

Mots clés : *Matricaria chamomilla* L, extraction, polyphénols, flavonoïdes, DPPH.

Abstract

Matricaria chamomilla L belongs to the Asteraceae family. It is a medicinal plant widely used since antiquity in traditional medicine due to its significant therapeutic properties. This study focuses on comparing the phenolic content and evaluating the antioxidant capacity of extracts obtained from three different extraction methods, namely hydroalcoholic maceration, infusion, and decoction. The best extraction yields are recorded by decoction (MC2) and infusion (MC1) with values of 69.81% and 60%, respectively. The total phenolic content was determined using the Folin-Ciocalteu method, while the flavonoid content was evaluated using the aluminum trichloride $AlCl_3$ method. The highest levels were observed for the hydroalcoholic extract (MC3) with 96.39 ± 2.12 μ g GAE/mgE and 38.3 ± 0.87 μ g QE/mgE, respectively. The antiradical power was evaluated using the DPPH test; the inhibitory concentrations at 50% (IC_{50}) are estimated at IC_{50} equal to 4.8 ± 0.105 μ g/ml (MC3), 5.77 ± 0.36 μ g/ml (MC1), and 5.89 ± 0.7 μ g/ml (MC2). This study shows that maceration is the best method for extracting polyphenols and achieving the highest antioxidant capacity.

Keywords: *Matricaria chamomilla* L, extraction, polyphenols, flavonoids, DPPH.

المخلص

Matricaria chamomilla L تنتمي الى العائلة النجمية. وهو نبات طبي يستخدم على نطاق واسع منذ العصور القديمة في الطب التقليدي بسبب خاصيته العلاجية المهمة. تركز هذه الدراسة على مقارنة المحتوى الفينولي بالإضافة إلى تقييم القوة المضادة للأكسدة للمستخلصات التي تم الحصول عليها من خلال ثلاث طرق استخلاص مختلفة وهي النقع والنقع الساخن والنقع بالغلجان. تم تسجيل أفضل مردود استخلاص من خلال الغلي (MC2) والنقع الساخن

(MC1) بـ 18.91% و 16% على التوالي. تم تحديد المحتوى الكلي للمركبات الفينولية باستخدام طريقة فولين-

سيوكالتيو، في حين تم تقييم محتوى الفلافونويد باستخدام طريقة كلوريد الألمنيوم (AIC₃)، تم تسجيل أفضل النتائج

للمستخلص المائي الكحولي (MC3) بـ 81.38 ± 2.12 ميكروغرام مكافئ حمض الجاليك/ملجم مستخلص

و 39.3 ± 6.90 ميكروغرام مكافئ كيرسيتين/ملجم مستخلص، على التوالي. تم تقييم القدرة المضادة للجذور الحرة

باستخدام اختبار DPPH؛ تم تقدير التركيزات المثبطة بنسبة 06% (IC₅₀) حيث بلغت 8.9 ± 6.160 ميكروغرام/مل

(MC3)، و 0.00 ± 6.31 ميكروغرام/مل (MC1)، و 0.98 ± 6.0 ميكروغرام/مل (MC2). تُظهر هذه الدراسة أن النقع هو أفضل طريقة لاستخلاص الفينولات وتحقيق أعلى قدرة مضادة للأكسدة.

الكلمات المفتاحية: *Matricaria chamomilla* L، الاستخلاص، الفينولات، الفلافونويدات، DPPH.

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

ADN : Acide désoxyribonucléique

AlCl₃ : Chlorure aluminium

DPPH : 2,2-Diphényle-1-PicrylHydrazyl.

EOR : espèces oxygénées réactives.

EAG : équivalents d'acide gallique.

IC₅₀ : Concentration d'inhibiteur requise pour produire 50% d'inhibition

Ph: Potentiel Hydrogène.

EQ : équivalent de Quercitain.

ROS : Réactive oxygène spécifs.

UV : Ultra-violet.

I % : Pourcentage d'inhibition.

MC1 : Infusion.

MC2 : Décoction.

MC3 : Macération (hydro-alcoolique).

Liste des Figures

Figure 1 : Différentes plantes de la famille Astéracées	8
Figure 2: <i>Matricaria chamomilla</i> L.....	10
Figure 3 : Photographie de la plante <i>Matricaria chamomilla</i>	17
Figure 4 : Mécanisme de réaction entre le DPPH l'antioxydant.....	21
Figure 5 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des polyphénols	25
Figure 6: Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des flavonoïdes	27
Figure 7: Pourcentage d'inhibition des extraits de <i>Matricaria chamomilla</i> et l'acide Ascorbique.....	28

Liste des Tableaux

Tableau 1: Position taxonomique de <i>Matricaria chamomilla</i>	9
Tableau 2: Travaux antérieurs sur la composition chimique de <i>M. chamomilla</i>	11
Tableau 3 : La couleur et le rendement des extraits de <i>Matricaria chamomilla</i>	23
Tableau 4: Teneur en polyphénols des extraits de la plante <i>Matricaria chamomilla</i> <i>L.</i>	25
Tableau 5: Teneur en flavonoïdes des extraits de la plante <i>Matricaria</i> <i>Chamomilla</i>	27
Tableau 6: Valeurs des IC ₅₀ des différents extraits étudiés.....	29



Introduction

Introduction

Depuis plusieurs années, l'homme qui habite à proximité des plantes est habitué à les consommer en raison de leurs vertus médicinales et nutritives. De cette façon, même aujourd'hui, malgré les avancées de la pharmacologie, l'utilisation des plantes médicinales en tant que médicaments est très répandue dans certains pays du monde, en particulier dans les pays en développement (**Ouedraogo et al., 2021**).

Les plantes réparent les dommages oxydatifs causés par les espèces réactives de l'oxygène (ROS) grâce à différentes réactions radicalaires aux oxydants. Ces ROS proviennent principalement de molécule d'oxygène qui présente une toxicité plus importante. Étant donné leur accumulation dans les systèmes vivants et leur agression contre d'importantes biomolécules comme l'ADN, les protéines et les lipides, elles sont liées à différentes maladies, telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires (**Migdal et Serres, 2011**).

Les composés phénoliques sont des composés secondaires qui se trouvent dans de nombreux végétaux tels que les fruits, les légumes, les céréales et le thé (**Zhang et Tsao, 2016**). Ils participent à divers processus tels que la lignification, la protection contre les rayons UV et les insectes nuisibles, et ils jouent également un rôle dans les particularités sensorielles des aliments (**Macheix et al., 2005**). En plus, les substances phénoliques, notamment les flavonoïdes, ont un effet positif indéniable sur la santé humaine en raison de leurs pouvoir puissant en tant qu'antioxydants, anti-inflammatoires, antiallergiques et anticancéreux (**Habellah et al., 2016**).

La famille des Asteraceae est une famille d'importance significative, comptant environ 23000 espèces réparties dans 1500 genres différents (**Barreda et al., 2015 ; Harkati et Akkal, 2017**). Plusieurs plantes de cette famille sont cultivées pour leurs valeurs alimentaires ou comme plantes décoratives (**Rolnik et al., 2021**).

La camomille, une plante médicinale largement utilisée depuis des siècles, est réputée pour ses propriétés apaisantes et curatives. Parmi les différentes espèces de camomille, *Matricaria chamomilla* L est l'une des plus étudiées pour ses composés bioactifs notamment les polyphénols de type flavonoïde (**Seddik et al., 2013**). Ces derniers sont connus pour être de bons antioxydants et pourraient jouer un rôle essentiel dans la protection contre les dommages oxydatifs (**Parcheta et al., 2021**).

La camomille est également très demandée pour une utilisation dans les tisanes, l'huile de massage pour bébé, pour favoriser l'écoulement gastrique des sécrétions et pour le traitement de la toux et du rhume. L'utilisation de préparations à base de tisane a éliminé les coliques chez 57% des nourrissons. En raison de ses propriétés pharmacologiques et pharmaceutiques étendues, la plante possède ainsi une grande valeur économique et est très demandée dans les pays européens (**Singh *et al.*, 2011**).

Dans le cadre de la valorisation de la plante *Matricaria chamomilla* L, cette étude représente une étude comparative de trois méthodes d'extraction, à savoir la macération, l'infusion et la décoction de l'espèce *Matricaria chamomilla* L. La comparaison porte plus précisément sur la quantification des polyphénols et des flavonoïdes et l'évaluation de l'effet antioxydant des extraits obtenus.

Notre travail a été divisé en deux parties : nous aborderons dans une première partie une étude bibliographique qui regroupe deux chapitres dont le premier regroupe des généralités sur les plantes médicinales, leurs métabolites secondaires et sur l'espèce *Matricaria Chamomilla* L sélectionné. Le deuxième chapitre est consacré aux stress oxydatif et les antioxydants.

La deuxième partie est réservée à l'étude expérimentale subdivisée en deux chapitres : le premier décrit le matériel et les méthodes utilisées. Dans le deuxième chapitre nous présenterons les résultats obtenus et leurs discussions.

Notre travail est achevé par une conclusion générale et une liste des références bibliographiques.



Partie I: Synthèse bibliographique



Chapitre I : *Matricaria chamomilla* L

I. Les plantes médicinales**I.1.Généralités**

Depuis les débuts de l'humanité, les végétaux ont été utilisés pour fournir l'essentiel de sa nourriture, de ses médicaments et de sa survie (**Fuinel, 2002**). Au niveau mondial, il cultive plus de 20000 espèces de plantes utilisées comme condiments médicinaux ou cosmétiques (**Lesley, 2005**).

Selon le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, les plantes médicinales sont principalement employées dans le domaine médical et pharmaceutique, mais également en aromathérapie sous forme d'huiles essentielles, en cosmétique, pour éloigner les moustiques, et même dans l'industrie où certaines plantes sont utilisées en extraits comme désodorisants. Les différentes catégories des plantes aromatiques et médicinales bénéfiques pour l'homme peuvent être classées en fonction de leur principale utilisation, comme les tisanes, les cosmétiques, les condiments, l'alimentation et les industries (**Yvonne et Chadouli, 2012**).

En ce moment, la médication par les plantes est de plus en plus intéressante, et c'est grâce aux recherches scientifiques basées sur les méthodes analytiques et les nouvelles expérimentations que le domaine médical réalise l'avantage des prescriptions empiriques des plantes médicinales (**Lahsissene et al., 2009**).

Les plantes médicinales sont très variées sur le continent africain. En réalité, parmi les 300.000 espèces végétales connues à travers le monde, plus de 200000 espèces résident dans les pays tropicaux d'Afrique et possèdent des propriétés médicinales (**Sofowora, 1993**).

Une plante médicinale fait référence à une plante ou à une partie d'une plante qui possède des propriétés médicamenteuses grâce à l'interaction synergique de ses composés actifs, sans des effets néfastes aux doses recommandées. Ces plantes sont employées dans la médecine traditionnelle et au moins certaines d'entre elles sont médicinales. Ils ont leur impact grâce à leurs composés (métabolites primaires ou secondaires) ou à la synergie entre les divers composés déjà présents (**Sanago, 2006**).

On utilise les plantes médicinales en raison de leurs propriétés particulières qui sont avantageuses pour la santé humaine. En réalité, ils sont employés de diverses façons,

telles que la décoction, l'infusion et la macération. On peut utiliser une ou plusieurs parties d'entre elles, telles que les racines, les feuilles et les fleurs (**Dutertre, 2011**).

Les plantes médicinales possèdent des propriétés curatives et préventives (**Simon, 2001**). Les premiers résultats de la photosynthèse comprennent les métabolites primaires, les sucres, les acides gras et les acides aminés. Les métabolites spécialisés sont ensuite fabriqués, ce qui leur confère des propriétés thérapeutiques (**Bruneton, 1999**).

I.2. Les principes actifs des plantes médicinales

Les composants biochimiques naturellement présents dans une plante médicinale sont appelés les principes actifs d'une plante. Elles lui attribuent son rôle thérapeutique. Toutes les parties de la plante contiennent des principes actifs, mais de façon inégale et avec des propriétés différentes. Plus d'un millier de métabolites secondaires ont été repérés à ce jour. Ces éléments font partie de trois catégories principales : les terpènes, les alcaloïdes et les composés phénoliques (**Benamor, 2008**).

I.2.1. Les composées phénoliques

Les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Les polyphénols sont des métabolites secondaires, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la production (**Nkhili, 2009**).

Une classification de ces substances a été proposée par (**Harborneen, 1980**), On peut distinguer les différentes classes des polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure de squelette de base. Les principales classes sont largement répandues :

- ❖ Les acides phénoliques on distingue :
 - acides hydroxybenzoïques.
 - acides hydroxycinnamiques.
- ❖ Les flavonoïdes.
- ❖ Les tanins et lignines.
- ❖ Les coumarines.
- ❖ Les stilbènes.

I.1.2.1. Acides phénoliques

Les phénols, également connus sous le nom d'acides phénoliques, sont des molécules de petite taille qui se composent d'un noyau benzénique et d'au moins un groupe hydroxyle. Ils peuvent être estérifiés, étherifiés et liés à des sucres sous forme d'hétérosides. Ces phénols sont solubles dans les solvants polaires. Leur biosynthèse provient de l'acide benzoïque (C6-C1) : très présent dans le règne végétal et de l'acide p coumarique (C6-C3) : ils ont une distribution très étendue dans le règne végétal (**Wichtl et Anton, 2009**).

Les phénols ont des effets anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (Médicament d'aspirine à base d'acide salicylique) (**Iserin et al., 2001**).

I.2.1.2. Les flavonoïdes

Constituent le plus large groupe des phénols dans la plante. Ces pigments sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles. Ils sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement UV. Les flavonoïdes ont une activité antibactérienne très vaste et très diversifiée. En effet, ils s'attaquent à un grand nombre de bactéries avec une intensité différente selon le microorganisme et l'écosystème dans lequel il se trouve (**Babayi et al, 2004 ; Madi, 2010**).

Ces substances naturelles sont très répandues dans la famille des Astéracées où beaucoup de travaux ont été réalisés chez le genre *Matricaria* (**Babenko et Shakhovo, 2006**).

I.2.1.3. Les alcaloïdes

Il s'agit de composés organiques azotés provenant de plantes, qui ont une nature alcaline et une structure complexe (noyau hétérocyclique). Ils sont présents dans diverses familles de plantes. La majorité des alcaloïdes peuvent être dissous dans de l'eau et de l'alcool, présentent un goût amer et certains sont extrêmement nocifs (**Wichtl et Anton, 2009**).

I.2.2. Les Terpènes

Les terpénoïdes sont une vaste famille de composés naturels près de 15000 molécules différentes et de caractère généralement lipophiles, leurs grandes diversités due au nombre de base qui constituent la chaîne principal de formule $(C_5H_8)_n$ selon la variation de nombre n, dont les composés monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes (**Wichtl et Anton, 2009**).

Ces molécules présentent en forme des huiles essentielles ; parfums et goût des plants, pigments (carotène), hormones (acide abscissique), des stérols (cholestérol) (**Hopkins, 2003**).

I.3. Les domaines d'application des plantes**I.3.1. Utilisation en médecine**

Les plantes médicinales ont la capacité de traiter des maladies simples comme le rhume ou de prévenir des cas plus graves comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus, ainsi que certaines allergies ou infections. De plus, en tenant compte de leurs propriétés réparatrices, tonifiantes, sédatives ou immunologiques, on peut mieux apprécier l'aide précieuse qu'elles peuvent nous apporter quotidiennement (**Berreghioua, 2016**).

I.3.2. Utilisation en alimentation

On utilise généralement les plantes médicinales comme des compléments alimentaires, des colorants, des arômes, des épices...etc (**Herbinet, 2004**).

I.3.3. Utilisation en cosmétique

Dans nos jours, les produits cosmétiques à base de plantes sont les plus, tels que les parfums, les crèmes, les huiles de soin dermatologique, les savons...etc (**Aribi et Hsasni, 2018**).

I.3.4. Utilisation en agriculture

Les métabolites secondaires des plantes médicinales permettent de collaborer avec les animaux en tant que moyen de signalisation et d'interaction entre les plantes et les animaux, lutter contre la concurrence avec d'autres plantes grâce à l'allopathie et encore

lutter contre les attaques des agents pathogènes en tant que système immunitaire pour les plantes elles-mêmes (**Krief, 2003**).

I.4. Mode de préparation

I.4.1. L'infusion

La méthode de préparation la plus facile et la plus répandue est l'infusion. La plupart des plantes ont une valeur médicinale dans les huiles essentielles qu'elles évaporent. Pour réaliser une infusion, il est nécessaire de verser de l'eau chaude sur la drogue réduite en poudre ou de la casser dans un récipient avec un couvercle. Ensuite, laissez-la tremper pendant 5 à 10 minutes, puis passez le filtre. Les médicaments présents dans les feuilles, les fleurs et les tiges peuvent être utilisés dans l'infusion (**Nogaret, 2003**).

I.4.2. La décoction

Pour extraire les substances actives des racines, de l'écorce, des tiges et des graines, il est en général nécessaire de les traiter plus énergiquement que les feuilles ou les fleurs. Lors de la préparation de la décoction, immergez les parties de la plante dans de l'eau froide, faites bouillir pendant une durée de 5 à 45 minutes, en fonction de la partie de la plante utilisée, puis filtrez (**Nogaret, 2003**).

I.4.3. La macération

La macération est un procédé qui implique de laisser tremper une quantité spécifique de plantes sèches ou fraîches dans un liquide (eau, alcool, huile ou même du vin) pendant une période de 12 à 18 heures pour les parties les plus délicates (fleurs et feuilles) et de 18 à 24 heures pour les parties solides, puis de laisser à température ambiante. Avant de consommer, il est essentiel de bien la filtrer (**Khetouta, 1987; Stary, 1992**). Grâce à cette méthode, les principes actifs peuvent être extraits de manière douce, en particulier lorsqu'ils sont thermolabiles. De plus, cela permet d'éliminer certains composants indésirables, qui sont moins solubles dans l'eau froide (**Mici, 2012**).

II. Présentation de la plante étudiée

II.1. Généralité sur la famille des Astéracées

En grec, on utilise le mot "Aster" pour désigner l'étoile. En rapport avec la forme de la fleur, son nom scientifique : Asteraceae a été créé par Martynov en 1820. Les Compositae sont revenus à Giseke à partir de 1792 (**Chaima, 2022**). La famille des Angiospermes est d'une importance capitale (**Heywood, 2007**). Près de 13 000 espèces se répartissent en 1500 genres, ce qui équivaut à environ 10 % de la flore mondiale (**Potier, 1979-1981**). En Algérie, on recense environ 109 genres et plus de 408 espèces (**Quézel et Santa, 1963**).

Les fleurs des Astéracées sont capitulées, c'est-à-dire accolées les unes aux autres, sans pédoncule, placées sur l'extrémité d'un rameau ou d'une tige et entourées d'une structure formée par des bractées florales. Les fruits se présentent sous la forme d'akènes, souvent ornés d'une aigrette de soie appelée « Pappus » qui permet la dispersion des graines au vent (**Messai, 2011**). Les Astéracées ont généralement des racines pivotantes et fibreuses. En général, les tiges sont droites, mais elles tombent parfois lorsqu'elles s'élèvent. Feuille alternes, parfois face à face, ou verticillées (**Abdallah, 2020**).



Figure 1 : Différentes plantes de la famille Astéracées (**D'amato et al., 2007**).

II.2. *Matricaria chamomilla* L

II.2.1. Etymologie

La plante *Matricaria* est dérivée de matrix, qui signifie « femelle », « matrice », et elle aide à soulager les douleurs menstruelles. Le terme « chamomilla » provient du grec chamaimelon, qui signifie « à terre » et « melon », qui signifie « pomme » (Pierre et lys, 2007).

II.2.2. Nomenclature

- **Nom en commun** : Camomille sauvage (Pierre *et al.* , 2007).
- **Nom botanique** : *Matricaria chamomilla* (Jean-Patrick, 1984).
- **Nom Français** : Matricaire, Petite camomille, camomille allemande, camomille vraie (Jean-François ,2007).
- **Synonyme**: *Chamomilla recutita* L ; *Matricaria chamomilla* L (Goetz et Ghedira, 2012).
- **Nom Arabe**: Baboundj (Jean-Patrick, 1984).

II.2.3. Systématique

La classification de *Matricaria chamomilla* est décrite dans le tableau 1 (Flore, 2012).

Tableau 1: Position taxonomique de *Matricaria chamomilla*.

Taxonomie	Description
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	<i>Matricaria</i>
Espèce	<i>chamomilla</i> L

II.2.4. Habitat et distribution géographique

Nommée « Camomille allemande » parce qu'elle est très appréciée par les populations d'Europe centrale où elle est abondante, elle pousse aussi en Europe du Sud et en Turquie et s'étend sur de vastes zones dans presque toute l'Amérique du Nord, l'Australie et l'Asie tempérée (Moyen-Orient, Asie centrale, certaines régions de Chine) (Jean, 2009; Ghedira, 2012).

Elle se développe également en Inde ainsi que dans les pays du Nord de l'Afrique tels que l'Algérie, la Tunisie et le Maroc. Il s'agit d'une espèce sauvage qui vit dans les zones humides, les marais et les dayas (Basma, 2021). Sa culture est très répandue, notamment en Argentine, en Égypte, en Bulgarie et en Hongrie (Théophile de la Charie, 2019).

La camomille préfère les sols siliceux, abondants, légers et bien drainés. Elle supporte un pH de 4,5 à 7,5 et se développe dans un climat exposition au plein soleil (Hajjaj, 2017). Cette plante peut atteindre des altitudes assez élevées dans les champs des montagnes ou dans les environs des habitations des villages situés à environ 1000 mètres d'altitude (Djoubani, 2017).

II.2.5. Description botanique

Les matricaires sont des plantes annuelles, aromatiques, herbacées et légèrement fruitées de la famille des Astéraceae (Piri, 2019), à tige dressée et rameuse, à feuilles alternes bipennées ou tripennées à pavillon long et linéaire, légèrement pubescent à glabre (Lim, 2013).

Les fleurs sont d'un jaune central et d'un blanc extérieur, accolées en capitules isolés. Son fruit est de petite taille et d'un blanc jaunâtre (Alexandra, 2016).



Figure 2: *Matricaria chamomilla* L (Juan,2014).

II.2.6. Principaux constituants chimiques des capitules floraux de *Matricaria chamomilla* L

Les composés thérapeutiques actifs de la camomille sont nombreux. Les éléments clés comprennent des huiles essentielles avec un taux de 0,4 à 1,5% et une fraction flavonoïde. Outre ceux-ci, on a identifié et isolé les composés suivants : mucines, coumarines, acides carboxyliques de phénol, acides amines, phytostérols, choline et substances minérales. On peut distinguer deux groupes de composants de la camomille : La catégorie lipophile comprend les huiles essentielles, les coumarines, les phytostérols, les substances lipidiques, tandis que la catégorie hydrophile comprend les flavonoïdes, le mucilage, les acides carboxyliques phényliques, les acides amines et la choline (Franz, 2005). Les principaux constituants chimiques des capitules de *Matricaria chamomilla* sont décrits dans le tableau 2.

Tableau 1: Travaux antérieurs sur la composition chimique de *M. chamomilla*

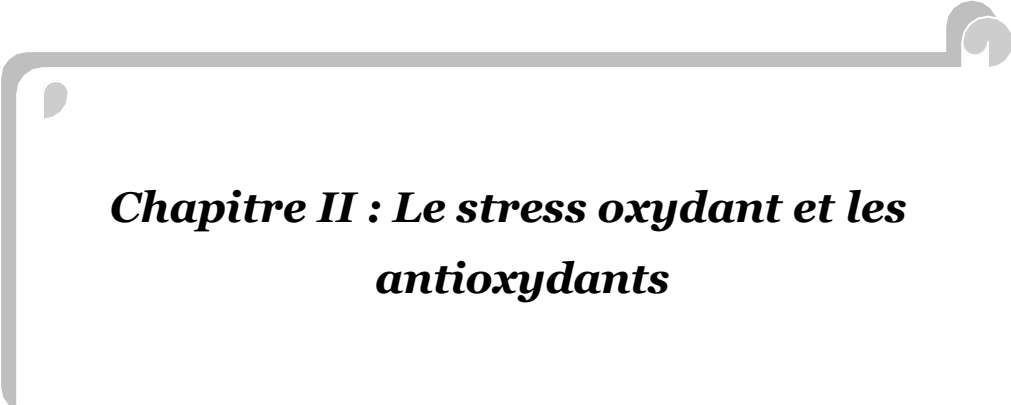
Les constituants	Détail des constituants	Références
Les terpénoïdes	α -Bisabolol oxide A (37.2–44.5%), α -bisabolone oxide A (11.7–16.5%), trans- β -farnesene (13.3–15.4%), menthol (0–13%), cis-spiroether (5.6–9.9%), α -bisabolol oxide B (3–7.1%).	(Zarezadeh <i>et al.</i> , 2020)
	α -Bisabolol oxide A (33–50.5%), cis-tonghaosu (10–18.7%), α -bisabolol oxide B (8.2–15.4%), α -bisabolone oxide A (5.4–14.6%), chamazulene (1.9–5.2%).	(Abbas <i>et al.</i> , 2021)
	Trans- β -Farnesene (42.59%), bisabolol oxide A (21.2%), (E,E)- α -farnesene (8.32%), α -bisabolone oxide A (4.53%), α -bisabolol oxide B (4.43%), germacrene D (2.93%).	(Heuskin <i>et al.</i> , 2009)
Les flavonoïdes	Apigénine, apigénine-7- <i>O</i> -glucoside et ses monoacétylglucoside, diacétylglucoside 7- <i>O</i> -hétéroside d'apigénine, quercétol, chrysériol, lutéoline, patuleétine, rutine, hypéroside.	(Ghedira, 2009)

Les coumarines	Ombelliférone, herniarine, esculétol, scopolétol, isoscopolétol, coumarine.	(Ghedira, 2009)
Les acides phénoliques	acide férulique, acide caféique, acide vanillique, acide chlorogénique, acide <i>p</i> -coumarique.	(Botineau et Pelt, 2010)
Autres constituants	Fructane neutre de type inuline, rhamnogalacturonane, 4- <i>O</i> -méthyl-glucuronoxylane.	(Seyoum, 2006)
	Proline, alanine, isoleucine, leucine, arginine, thréonine.	(Zhao et al., 2015)

II.2.7. Usages traditionnels et thérapeutiques

La camomille est parmi les plantes médicinales les plus couramment employées à travers le monde et est incluse dans la pharmacopée de 26 pays (Ghaseni *et al.*, 2013). Il s'agit d'une plante médicinale très répandue qui était autre fois utilisée comme remède pour les maladies parce qu'elles contiennent des composants de valeur thérapeutique (Nostro *et al.*, 2000). Depuis des siècles, les guérisseurs ont employé des extraits de cette plante pour traiter (Achoub, 2013). Elle pourrait être bénéfique pour l'inflammation. Par ailleurs, l'action de la camomille contre balance les ondes lentes dans l'intestin grêle, ce qui peut ralentir le mouvement péristaltique et avoir des effets anti-oestrogènes. De plus, elle semble stimuler l'activité des ostéoblastes, ce qui entraîne une stimulation de la synthèse de la matrice protéique et de l'ostéoformation (Hajjaj, 2017).

La camomille allemande possède une activité biologique principalement liée aux composants bioactifs tels que les flavonoïdes et les terpenoïdes. Elle possède diverses propriétés pharmacologiques telles: anticancéreuse, anti-inflammatoire, antistress et dépression, antiallergique, antimicrobienne, antiulcéreuse, gastro-intestinaux, guérison des plaies, antispasmodique, troubles du sommeil ou de diarrhées, de tension nerveuse et d'irritabilité (Krishna *et al.*, 2012 ; Ghasemi *et al.*, 2013).



***Chapitre II : Le stress oxydant et les
antioxydants***

I. Le stress oxydatif

La notion de stress oxydant est un concept comparatif qui met en évidence un déséquilibre entre la production de radicaux libres et les mécanismes de défense antioxydants. La synthèse d'oxydants et d'antioxydants agit comme une réponse à la demande et à l'exigence. Quand le taux d'oxydants augmente, les gènes capables de produire des antioxydants reçoivent le signal pour produire davantage d'antioxydants. Ce n'est qu'en cas de réponse inappropriée de ce système que le stress oxydatif est provoqué, ce qui entraîne des dommages cellulaires (**D'oria et al., 2020; Singh et Devasahayam, 2020**).

Le concept de stress oxydatif a profité de l'avancement de nos connaissances sur la biologie des radicaux libres oxygénés et du monoxyde d'azote. Leur production et leurs interactions peuvent causer des dommages cellulaires qui mettent en danger la survie de la cellule. Cependant, dans les conditions fondamentales du fonctionnement cellulaire, ils jouent un rôle de régulateurs de l'expression génique, car ils agissent comme des signaux intracellulaires. Il est donc nécessaire de les considérer de manière spatiale et temporelle, en prenant en considération les interactions qui se créent entre eux (**Vergely et Rochette, 2005**). Les paramètres suivants caractérisent le stress oxydatif dans les systèmes biologiques :

- 1) accroissement de la production de radicaux et d'autres substances oxydantes.
- 2) réduction du poids moléculaire des antioxydants et/ou leur solubilité dans la sève.
- 3) altération du mécanisme de redox cellulaire.
- 4) les altérations oxydatives des éléments cellulaires (comme les lipides, les protéines et/ou l'ADN) (**Powers et Jackson, 2008**).

I.2. Origine du stress oxydant

Le stress oxydatif peut être causé par différentes sources, comme une surproduction endogène d'agents pro-oxydants d'origine inflammatoire, un manque de nutriments antioxydants ou même une exposition à des facteurs pro-oxydants dans l'environnement (tabac, alcool, médicaments, rayons ultraviolets, pesticides, ozone, amiante, métaux toxiques) (**Magder, 2006**). La cause principale de plusieurs maladies, telles que le cancer, le syndrome de détresse respiratoire aiguë, l'œdème pulmonaire, le vieillissement accéléré, etc., sera le stress oxydant. De plus, cela peut être l'un des facteurs qui favorisent l'émergence des maladies plurifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies circulatoires (**Favier, 2003**).

II. Les radicaux libres

II.1. Définition

Un radical libre est une substance chimique (atome ou molécule) qui a un électron non apparié. Ce déséquilibre n'est que de courte durée et est compensé par l'acceptation d'un autre électron ou par le transfert de cet électron libre vers une autre molécule. Dans les conditions normales, l'organisme produit diverses formes des radicaux libres, mais dans certaines conditions pathologiques, la nature et la quantité de ces radicaux libres peuvent être altérées. Il convient de souligner que tous les radicaux libres ne sont pas très réactifs, leur réactivité dépend de la nature particulière du radical (Afonso *et al.*, 2007).

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont les molécules libres dérivées de l'oxygène, tandis que celles qui sont produites par la réaction entre l'oxygène et l'azote sont les espèces réactives d'azote (ERN) (Penna *et al.*, 2009). On distingue trois groupes parmi toutes les espèces radicalaires qui peuvent se former dans les cellules (Favier, 2003) :

- Les radicaux primaires sont un groupe limité de composés radicalaires qui se produisent en réduisant à un électron, comme l'anion superoxyde $O_2^{\bullet-}$ et le radical hydroxyle OH^{\bullet} , ou en réduisant à de l'azote comme le monoxyde d'azote NO^{\bullet} . Ils ont une fonction spécifique en physiologie.

- Les radicaux secondaires se produisent lorsqu'ils réagissent aux composés biochimiques de la cellule par les radicaux primaires.

- Les espèces réactives non radicalaires, telles que l'oxygène singulet (1O_2), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou le nitroperoxyde (ONOOH), ne sont pas des radicaux libres, mais sont également réactives et peuvent être des précurseurs de radicaux.

II.2. Sources des radicaux libres

Les radicaux libres sont issus de différentes sources : l'atmosphère polluée, la cigarette, le rayonnement UV, les radiations ionisantes, les radiations cosmiques, le métabolisme cellulaire (activité mitochondriale, réactions enzymatiques), l'inflammation et les métaux toxiques. On désigne sous le nom de facteurs oxydants les éléments qui augmentent la production de radicaux libres par l'organisme. Ils se subdivisent en éléments internes et externes (Favier, 2006).

II.3. Rôles physiologiques des radicaux libres

Les ERO ont plusieurs fonctions physiologiques essentielles, elles sont l'arme de défense contre les agents pathogènes, telles que la phagocytose des bactéries par les cellules polynucléaires, et elles pourraient jouer un rôle dans la régulation des réponses de la croissance cellulaire en tant que seconds messagers (**Deby *et al.*, 2002**).

Ces substances sont également bénéfiques pour la régulation des gènes et contribuent au bon fonctionnement de certaines enzymes (**Favier, 2006**). L'écoulement des vaisseaux sanguins, le fonctionnement de certains neurones, la fécondation de l'ovule et enfin, la destruction par apoptose des cellules tumorales sont des processus naturels qui requièrent la présence de radicaux libres (**Favier, 2003**).

III. Les antioxydants

De nos jours, les antioxydants se présentent comme les éléments essentiels pour prolonger notre vie et nos partenaires dans la lutte contre les maladies contemporaines. Il s'agit de composants de protection qui sont capteurs de radicaux libres.

Ce sont des composés extrêmement réactifs fabriqués quotidiennement par l'organisme, avec un électron célibataire et indispensables à des mécanismes vitaux (**Bartosz, 2003**). Cependant, lorsque leur quantité est excessive, elles peuvent causer des dommages à la structure des protéines et des lipides (**Pourrut, 2008**), des acides nucléiques (**Favier, 2003**) en provoquant un stress oxydant qui favorise un vieillissement cellulaire accéléré et l'apparition de maladies humaines comme les maladies cardiovasculaires, les cancers et l'artériosclérose et autres.

III.1. Classification des antioxydants

III.1.1. Les antioxydants endogènes

Il s'agit d'enzymes ou de protéines antioxydants (comme la Superoxyde dismutase, la Catalase et la Glutathion peroxydase) produites par notre corps en utilisant certains minéraux. Elles se trouvent toujours dans le corps, mais leur nombre diminue avec l'âge (**Mika *et al.*, 2004**).

III.1.2. Les antioxydants exogènes

On les retrouve dans les aliments tels que les vitamines A, C, E et les polyphénols, notamment les flavonoïdes, ainsi que les cofacteurs des enzymes impliquées dans les

systèmes antioxydants endogènes tels que le sélénium, le zinc et le manganèse. Ces antioxydants nutritionnels jouent un rôle essentiel, mais leur efficacité est restreinte jusqu'à ce qu'ils soient régénérés (**Moure *et al.*, 2001**).

L'activité antioxydant des polyphénols garantit une conservation améliorée des denrées alimentaires en prévenant la peroxydation des lipides, ce qui favorise une stabilisation accrue. On les recommande aussi afin d'améliorer la stabilité des pigments de jus colorés, des arômes alimentaires, et ils sont inclus dans la composition de produits pharmaceutiques pour des usages à l'oral et des cosmétiques pour des applications ciblées (**Moure *et al.*, 2001**).



Partie II: Etude expérimentale



Chapitre I : Matériel et méthodes

L'objectif de notre étude est de comparer la teneur en polyphénols et en flavonoïdes ainsi que le potentiel antioxydant des extraits d'une plante médicinale *Chamomille matricaria* connu sous le nom "El baboundje", en Algérie. L'extraction se fait à partir trois méthodes classiques à savoir de l'infusion, la décoction et la macération hydro-alcoolique.

I. Matériel

I.1. Réactifs chimiques utilisés

Dans cette étude nous avons utilisé: méthanol, éthanol, carbonate de sodium (Na_2CO_3) Folin ciocalteau, 2,2'- diphenylel-picryl hydrazyl (DPPH), trichlorure d'aluminium (AlCl_3), acide gallique, quercétine, acide ascorbique.

I.2. Appareillage

Parmi l'appareilles utilisé: étuve, évaporateur rotatif, spectrophotomètre UV, balance de précision, vortex.

II. Méthode

II.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de la partie aérienne de *Matricaria chamomilla*. La plante a été récoltée dans le mois d'avril 2023 de la région kais wilaya de Khenchela et séchées à l'abri du soleil pendant 15 jours, et elle a été broyée en poudre à l'aide d'un broyeur électrique.



Figure 3 : Photographie de la plante *Matricaria chamomilla* L.

II.2. Méthode d'extraction

L'extraction est l'étape cruciale et le point de départ de toutes les analyses et recherches, qu'elles soient qualitatives ou quantitatives (**Fellah et al., 2008**). Dans notre étude, nous avons examiné trois techniques d'extraction classiques: infusion, décoction et macération à partir de la partie aérienne de l'espèce *M. camomilla*.

II.2.1 Infusion

Une infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale, en laissant reposer la mixture pendant 30 minutes (**Lehout et al., 2015**). Le protocole de cette pour chaque plante est le suivant : Une prise d'essai de 10 g de poudre de la plante a été introduite dans un ballon contenant 100 mL d'eau distillée bouillante. L'ensemble a été maintenu pendant 30 minutes jusqu'au refroidissement. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46°C pendant 24 heures. Les poudres obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé.

II.2.2. Décoction

Cela est adapté à l'extraction de matières végétales dures ou très dures telles que le bois, l'écorce, les racines, ou des plantes contenant des composants peu solubles tels que l'acide silicique. On procède en bouillant les plantes fraîches ou séchées dans de l'eau pendant 10 à 30 minutes afin de bien extraire les propriétés médicinales (**Benzeggouta., 2015**). Le protocole de cette pour chaque plante est le suivant : Peser 20g de la matière végétale et la mettons dans Arlène Meyer. Une prise d'essai de 20 g de poudre de *M. camomille* a été introduite dans un ballon contenant 100 mL d'eau distillée. L'ensemble a été maintenu en ébullition pendant 30 minutes. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46°C pendant 24 heures. Les poudres obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé.

II.2.3. Macération hydro-alcoolique

Une prise d'essai de 20 g de poudre de la plante a été introduite dans un ballon contenant 200 mL de l'éthanol 80%. L'ensemble a été maintenu pendant 48 heures à la température ambiante. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46°C pendant 24 heures. Les poudre obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé (**Pacôme Serge et al ., 2018**) .

II.3. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement d'extrait hydro-éthanolique est le rapport entre le poids de l'extrait sec et le poids de la plante en poudre utilisée. Il est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = P0 / P1 * 100$$

Où :

Ps : Masse en gramme (g) de l'extrait sec résultant.

Pp : Masse en gramme (g) de matériel végétale à traiter.

III. Analyse quantitative

III.1. Dosage des polyphénols totaux

La méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu pour mesurer les polyphénols totaux a été développée par Singleton et Rossi en 1965. Depuis, il a été largement utilisé pour décrire les extraits végétaux d'origines différentes (**Laraba et al., 2016**).

III.1.1. Principe

La composition du réactif Folin Ciocalteu est un acide jaune composé d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) réduits lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes bleu de tungstène et de molybdène (**Lakache et al., 2021**). La concentration des composés phénoliques est inversement liée à la coloration bleue produite, avec une absorption maximale à environ 760-765nm (**Ojeil et al., 2010**).

III.1.2. Mode opératoire

D'après le processus expliqué par **Wong et al. (2006)**, 100 µl de chaque extrait sont ajoutés à 500µl du réactif de Folin- Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau distillée) après 4 min d'incubation ensuite 400 µl de carbonate de sodium 7,5%. On conserve les solutions dans

l'obscurité pendant 2 heures à température ambiante. Un spectrophotomètre a été utilisé pour mesurer l'absorbance de chaque solution à 765 nm par rapport à un blanc. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique à différentes concentrations (10-100 µg/ml) et exprimée en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg).

III.2. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ légèrement modifiée a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits de *Matricaria chamomilla* (Boudjouref, 2011).

III.2.1. Principe

Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres en présence de chlorure d'aluminium, grâce aux groupements hydroxyles libres. Ainsi la couleur jaune obtenue est proportionnelle à la quantité des flavonoïdes dans l'extrait (Boussaa *et al.*, 2016).

III.2.2. Mode opératoire

On évalue la quantité totale de flavonoïdes en utilisant la méthode expliquée par **Djeridane *et al.* (2006)**. 500 µl d'extrait a été ajouté à un volume égal d'une solution d' $AlCl_3$. Le mélange est soumis à une agitation au vortex. L'absorbance à 430 a été lue nm, après dix minutes d'incubation.

La quantification des flavonoïdes a été évaluée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg).

IV. Activité antioxydante

IV.1. Test de piégeage du radical 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

IV.1.1. Principe

Le DPPH est un radical libre stable soluble dans le méthanol (ou l'éthanol) qui présente un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. D'un violet intense, il possède une absorbance maximale à 517 nm, ce qui est dû à la réduction du radical par l'antioxydant (AH) présent dans les échantillons. Lorsque le radical DPPH est réduit par une molécule antioxydante, la couleur violette disparaît rapidement pour devenir jaune pâle (Sharma *et al.*, 2009).

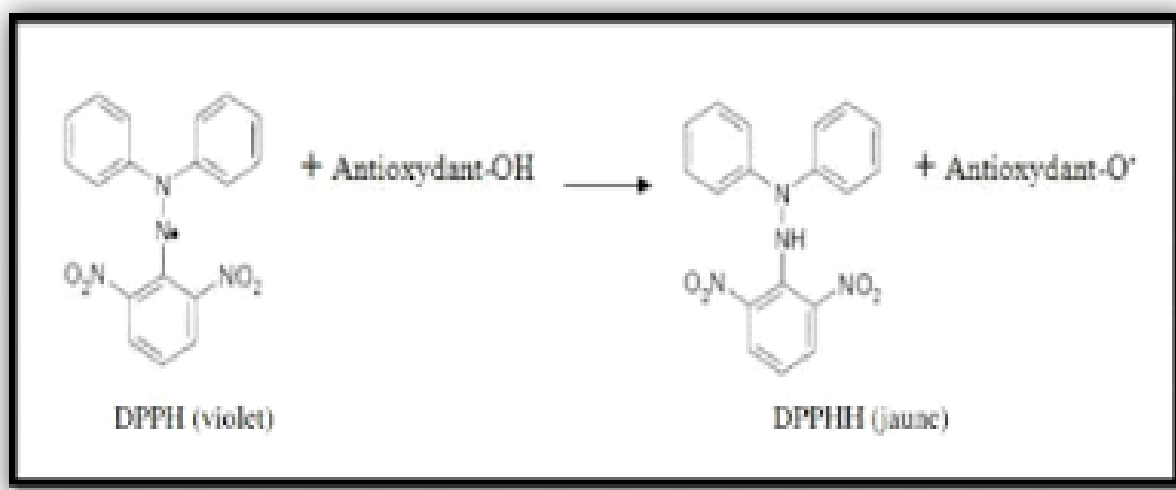


Figure 4 : Mécanisme de réaction entre le DPPH l'antioxydant (Talbi *et al.*, 2015).

IV.1.2. Mode opératoire

Brièvement, 2,4mg de DPPH dans 100 ml de méthanol. 25µl de différentes dilutions l'extrait de la plante ou d'acide ascorbique comme standard (0,5;1;1,5; 2; 2,5 et 3 mg/ml), sont ajoutés à 975 µl de solution méthanolique de DPPH. Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 30 minutes. La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm (Mansouri *et al.*, 2005).

IV.1.3. Expression des résultats

En présence d'un antioxydant, l'intensité d'absorption est diminuée et la décoloration résultante est stœchiométrique en ce qui concerne le nombre d'électrons captés (Bastos *et al.*,

2007). Les résultats sont exprimés en tant que l'inhibition des radicaux libres en pourcentages (I %) en utilisant la formule suivante (**Wang *et al.*, 2006**) :

$$I\% = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100.$$

A₀ : Absorbance du Control négatif ;

A₁ : Absorbance de l'extrait testé.

Et en calculant l'IC₅₀ qui est la concentration en extrait nécessaire pour réduire 50% du radical DPPH.

IV.1.4. Analyse statistique

La représentation graphique des données a été réalisée grâce à Microsoft office Excel 2007. La valeur moyenne est accompagnée de l'écart-type (Moyenne ± SD).



Chapitre II : Résultats et discussion

Dans cette étude, nous avons employé trois techniques d'extraction: l'infusion, la décoction et la macération hydro-alcoolique. L'analyse comparative de ces trois techniques d'extraction se concentre sur :

- Le dosage quantitatif des composés phénoliques et des flavonoïdes totaux.
- L'activité antioxydant.

I. Rendement d'extraction

Dans cette étude, le rendement de l'extrait sec, obtenu après évaporation, a été déterminé par rapport à 60 g de la matière végétale. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3 : La couleur et le rendement des extraits de *Matricaria chamomilla*

Extrait		La couleur	Rendement
Extrait infusé	MC1	Marron clair	60%
Extrait décocté	MC2	Marron clair	69,81%
Extrait hydroalcoolique	MC3	Marron foncé	38,80%

Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que le rendement le plus élevés de *Matricaria chamomilla* est celui de l'extrait décocté (69,81%) suivi par l'extrait infusé (60%) alors que le rendement le plus faible est obtenu par l'extrait hydro-alcoolique (38,80%).

En comparant le rendement avec des autres travaux précédents, nos résultats indiquent que le rendement d'extraction était supérieur à celui obtenu dans l'étude menée par **Ben Alia. (2020)** à partir des parties aériennes de la région de djabel elwahach wilaya de Constantine (l'extrait décocté (41,1%), l'extrait infusé (20%) et l'extrait hydro-éthanolique (18%)). De même, il est supérieur à celle obtenue de *Matricaria chamomilla* récoltée la région Bejaïa: 20 % pour l'extrait méthanoïque (macération) et 10% pour l'extrait décocté (**Zagar et al., 2023**). Cependant, nos résultats sont inférieurs à ceux reportés par **Molnar et al. (2017)** et par **Belahcen et Messouak. (2022)**, qui ont trouvé que le rendement de l'extrait hydro-éthanolique est égal à 82,79% et 18.66 %, respectivement. Un rendement de 1,3% a été enregistré pour l'extrait hydro-méthanolique obtenus à partir les capitules de la même variété récoltée de Tunisie dans le travail réalisé par **Hadj mohamed et al.(2021)**.

Ce résultat concorde avec celui de à celui de **Konkon et al. (2006)** lors de l'étude de l'identification des groupes de constituants chimiques présentant un intérêt pharmacologique et similaire à celui de **Mahmoudi et al. (2013)** sur l'étude d'Artichaut, ils ont testé trois modes d'extraction à savoir la décoction, l'infusion et la macération. Ils ont trouvé que la méthode d'extraction par décoction du point de vue qualitative, est aussi efficace que les autres deux méthodes d'extraction la macération et l'infusion.

Selon **Chaabani. (2019)**, le rendement d'extraction est fortement affecté non seulement par plusieurs éléments tels que la méthode d'extraction, les différentes origines géographiques de la plante, la période de récolte de l'échantillon, le pH du milieu d'extraction, la durée de macération du matériel végétal et la température. Aussi bien par la méthode, la nature du solvant utilisé (éthanol, méthanol ou eau...), la durée et les conditions de stockage, l'âge de la plante (**Bansal et al., 2013**).

D'après **Quy Diem et al. (2014)**, l'utilisation combinée de l'eau et du solvant organique peut faciliter l'extraction des substances chimiques qui sont solubles dans l'eau et / ou dans les solvants organiques. Dans notre travail, il est possible que les substances solubles dans l'eau soient présentes en grande quantité et soient l'une des principales raisons de l'augmentation du rendement liée à la méthode d'extraction à l'eau bouillante ou par infusion. Ces composés peuvent être des protéines ou des glucides (**Aurélien, 2007**).

II .Analyse quantitative

II.1. Teneur des polyphénols totaux

Les polyphénols ont été estimée par la méthode colorimétrique de Folin Ciocalteu (**Abdel-Hameed , 2009**), elles sont quantifiés en utilisant une courbe d'étalonnage linéaire établie avec un standard (acide gallique) à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAG /mg d'extrait}$) et sont représentés dans la figure 5 suivante.

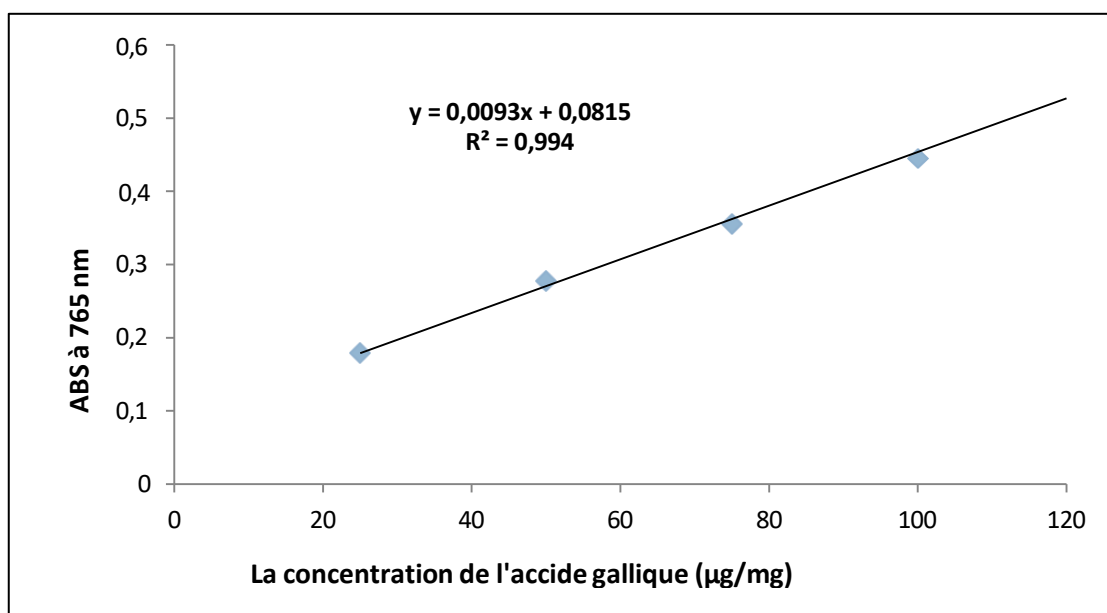


Figure 5 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des polyphénols.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 4 suivant. Les teneurs ont été rapportées en µg équivalent d'acide gallique/mg d'extrait du matériel végétal.

Tableau 4: Teneur en polyphénols des extraits de la plante *Matricaria chamomilla* L.

Les extraits	Teneur en polyphénols (µg EAG/mg E)*
MC1	49,78±0,98
MC2	44,94±2,65
MC3	96,39±2,12

*Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures ± écart type

Selon les données présentées dans le tableau dessus, l'extrait hydro-alcoolique présente la teneur la plus élevée en polyphénols, avec une concentration de 96,39±2,12 µg EAG/mg E, suivi par l'extrait infusé et décocté avec 49,78±0,98 µg EAG/mg E et 44,94±2,65 µg EAG/mg E, respectivement.

Nos résultats sont supérieurs à ceux de **Al-Dabbagh et al. (2019)**, qui montrent que l'extrait méthanolique de la même espèce, présentent des faibles teneurs en polyphénols (0,0214 ± 0,327µg équivalent de l'acide gallique par mg d'extrait). De même pour les résultats de l'étude menée par **Hadj et al. (2021)**, pour l'extrait aqueux (0,4125±0,0194 mg EAG/mg).

La quantité récupérée dépend grandement du choix du solvant utilisé dans l'extraction des composés phénoliques. Selon **Tanase *et al.* (2019)**, des recherches précédentes ont révélé l'impact de variables telles que la polarité du solvant et la solubilité des composés dans les solvants d'extraction. En raison de leur grande solubilité des phénols, les solvants polaires offrent la possibilité d'obtenir des extraits contenant des concentrations plus élevées de ces composés, comme l'ont également mis en évidence **Sepahpour *et al.* (2018)**.

Les éléments environnementaux tels que la température, la composition du sol, l'époque de culture et de récolte, la localisation géographique, le degré de maturation de la plante et la durée de conservation peuvent également influencer la quantité totale de composés phénoliques présents dans les extraits de plantes. Des études, telles que celles de **Borges *et al.* (2013)**, ont mis en évidence l'impact de ces facteurs sur les niveaux de composés phénoliques.

II.2. Teneur des flavonoïdes totaux

Le choix de cette classe de polyphénols s'explique principalement par le fait que les flavonoïdes sont la classe polyphénolique la plus importante, avec plus de 2000 publications annuelles utilisant le terme « flavonoïdes » comme mot clé (**Havsteen, 2002 ; Middleton, 2000**). La teneur des flavonoïdes a été réalisée selon la méthode de trichlorure d'aluminium(AlCl_3), la quercétine a été utilisé comme étalon (figure 6).

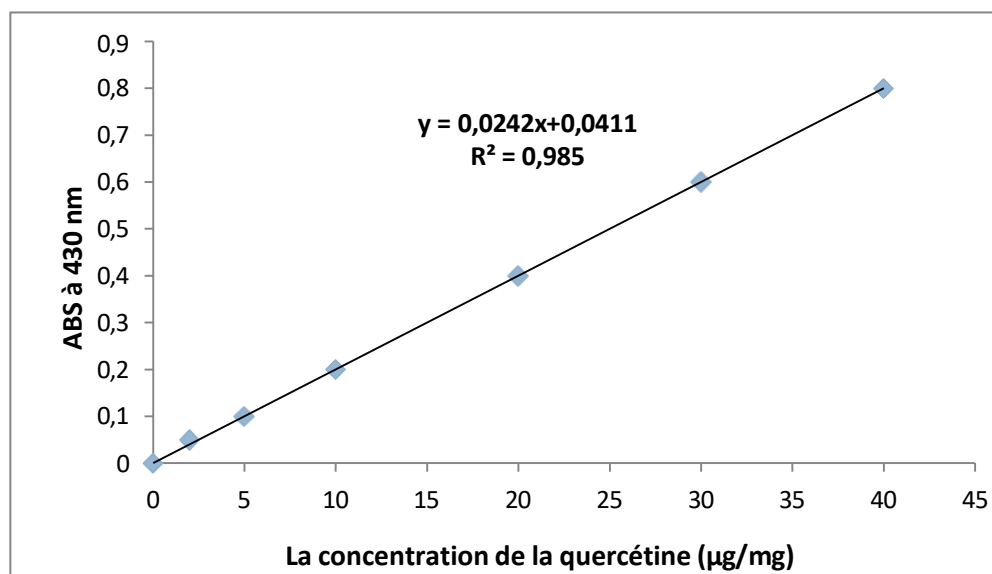


Figure 6: Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des flavonoïdes.

Les résultats obtenus ont été rapportés en microgramme d'équivalent de la quercétine par milligramme de l'extrait ($\mu\text{g EQ/mg E}$) et sont représentés dans le tableau 5 suivant:

Tableau 5: Teneur en flavonoïdes des extraits de la plante *Matricaria chamomilla* L.

Les extraits	Teneur en flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg E}$)*
MC1	11,665 \pm 3,13
MC2	10,34 \pm 0,43
MC3	38,3 \pm 0,87

*Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures \pm écart type

Les résultats obtenus montrent que l'extrait hydro-alcoolique est le plus riche en flavonoïdes avec une teneur de 38,3 \pm 0,87 $\mu\text{gEQ/mgE}$, par rapport à l'extrait infusé (11,665 \pm 3,13 $\mu\text{g EQ/mg E}$) et l'extrait décocté (10,34 \pm 0,43 $\mu\text{g EQ/mg E}$). Des observations pareilles sont notées pour l'extrait hydro-éthanolique de la même espèce *Matricaire recutita* L, dont une teneur faible en flavonoïdes de l'ordre de 21,4 \pm 0,327 $\mu\text{g EQ/mg}$ (Saeedi *et al.*, 2023) et de 0,1579 \pm 2,22 $\mu\text{g EQ/mgE}$ (Al-Dabbagh *et al.*, 2019). Au contraire, nos résultats sont inférieurs de celui mené par Zeghar et Gaazen. (2023), qui ont trouvé que l'extrait décocté et l'extrait méthanolique sont plus riche avec des teneurs de l'ordre 527,82 \pm 0,01 $\mu\text{g EQ/mg E}$ et de 95,27 \pm 0,73 $\mu\text{g EQ/mg E}$, respectivement.

Les variations des résultats peuvent être expliquées par les différences entre les techniques d'extraction, qui peuvent avoir un impact sur les caractéristiques intrinsèques des substances extraites. La disparité pourrait aussi être attribuée à la méthode spectrométrique de dosage des flavonoïdes totaux, où il est possible que certains flavonoïdes ne réagissent pas avec le trichlorure d'aluminium, ce qui peut entraîner une légère sous-estimation du contenu réel de l'extrait (Meziani *et al.*, 2019).

De même, la solubilité des flavonoïdes dans un solvant particulier dépend généralement de facteurs tels que la polarité, l'acidité et la force de liaison intermoléculaire (Chebil *et al.*, 2007). La solubilité des flavonoïdes est principalement déterminée par leur aptitude à former des liens hydrogène avec le solvant. Ces substances sont peu solubles dans l'eau et les solvants très apolaires, mais elles sont plus solubles dans des solvants polaires comme les alcools. Plusieurs études ont souligné cette caractéristique de solubilité, dont celle menée par Rahmani . (2015).

III. Activité antioxydant

La détermination du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction de la concentration des extraits de *Matricaire camomille* (MC1, MC2, MC3) et de l'acide ascorbique (substance de référence) a été effectuée à partir des courbes illustrées par la figure 7 suivante:

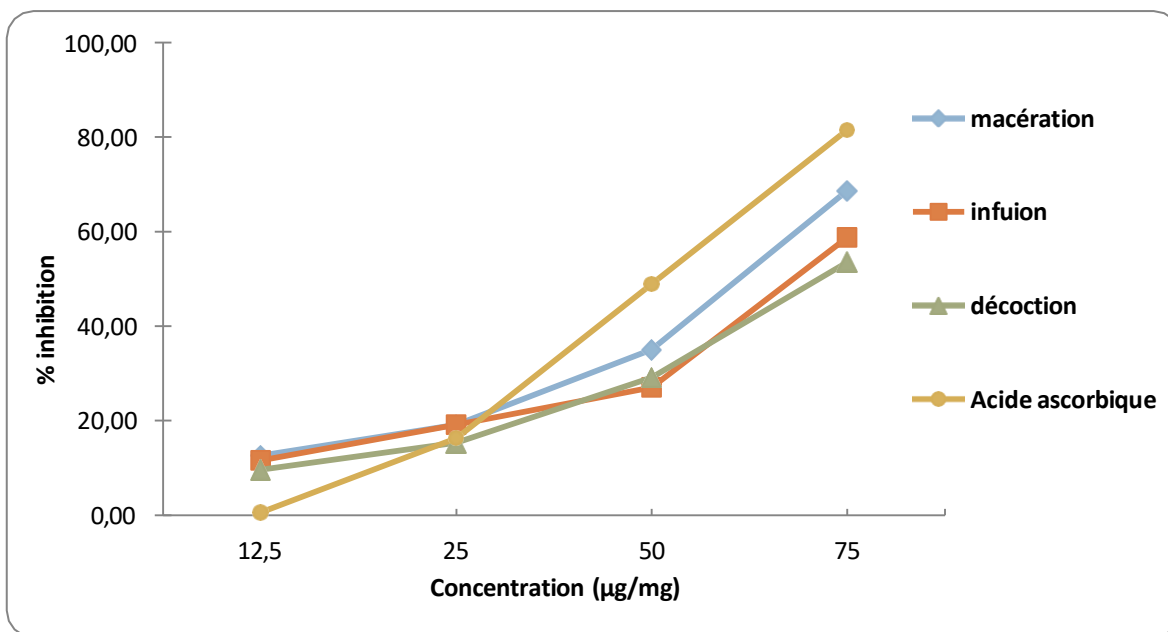


Figure 7: Pourcentage d'inhibition des extraits de *Matricaria chamomilla* et l'acide ascorbique.

La figure 7 montre que le pourcentage de réduction augmente avec la concentration. Pour une concentration de 75 µg/ml, la plus forte activité est enregistrée pour l'extrait hydro-alcoolique avec 68,66 %, suivi par les extraits obtenus par infusion et décoction avec 58,77%, 53,52% respectivement. Contrairement au standard l'acide Ascorbique qui a exercé un fort effet antioxydant avec une valeur de 81,5 %.

Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux de **Zeghar et Gaazen.(2023)**, qui ont indiqué que l'extrait méthanolique de la même espèce présente un pourcentage d'inhibition de 84,18% pour une concentrations de 170 µg/ml. De même, ils sont supérieurs à ceux mené par **Benyoucef et Kerouaz. (2018)**, qui ont marqué un pourcentage d'inhibition pour l'extrait hydro-éthanolique de l'ordre de 88,02%, pour des concentrations de 500µg /ml.

En outre, nos résultats sont largement inférieurs par rapport à ceux de **Maher et al. (2021)**, et **Murali et al. (2019)**, et **Molnar et al. (2014)**, qui ont obtenus un pourcentage d'inhibition de l'extrait hydro-éthanolique de l'ordre de 89,514%, 94,8 %, 61,5% pour des concentrations de 50 µg/ml et 1,5 mg/ml, 45,4 µg/ml, respectivement.

Détermination de l'IC₅₀

Selon **Houbairi et al. (2017)**, L'IC₅₀ est inversement lié à la capacité antioxydant d'un composé, il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50 %, plus la valeur d'IC₅₀ est basse plus l'activité antioxydant d'un composé est grande.

Les valeurs d'IC₅₀ trouvées pour les extraits étudiés ainsi que le standard sont représentées dans le tableau 6 suivant:

Tableau 6: Valeurs des IC₅₀ des différents extraits étudiés.

Les extraits	MC1	MC2	MC3	Acide ascorbique
IC ₅₀ *	5,77±0,36	5,89±0,75	4,8±0,105	4,016±0,003

*Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures ± écart type

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montrent que l'effet scavenger du radical DPPH le plus fort est obtenu avec l'extrait hydro-alcolique (IC₅₀=4,8±0,10 µg/ml). En comparaison avec l'antioxydant standard (l'acide ascorbique) qui a démontré un IC₅₀ de 4,06±0,003 µg/ml, suivi par les extraits de l'infusion et la décoction avec IC₅₀= 5,77±0,36µg/ml et 5,89±0,75 µg/ml, respectivement.

Ceci concorde avec les résultats trouvés par **Sazegar et al. (2011)** et **Lila et al. (2022)**, qui ont trouvé également des valeurs similaires à notre étude pour l'extrait hydro-éthanolique obtenu à partir de la camomille iranienne (IC₅₀= 5,52 ± 0,15 µg/ml) et l'extrait méthanolique (IC₅₀=6,8± 0,01 µg/ml), respectivement. Cependant, ils sont supérieurs à celles obtenus par **Zeghar et Gaazen. (2023)** pour l'extrait méthanolique et l'extrait décocté de la partie floral avec IC₅₀ de 0,054 ± 0,0845 mg/ml et 0,03 0,01 mg/ml, respectivement. De même le potentiel antiradicalaire de notre extrait est beaucoup plus élevé que celui trouvé par **Sayed et al. (2016)**, pour l'extrait méthanolique de la partie aérienne (IC₅₀= 82,3 ± 2,8 µg /ml).

Ces résultats montrent que l'activité antiradicalaire vis-à-vis de radical DPPH[•] est influencée par le choix de solvant d'extraction et elle est corrélée avec le taux des polyphénols et des flavonoïdes dans les extraits des plantes (**Mariod *et al.*, 2009 ; Locatelli *et al.*, 2010**). Les polyphénols semblent être des donateurs efficaces d'hydrogène au radical DPPH, en raison de leur structure chimique idéale (**Turkmen *et al.*, 2007**). La forte activité antioxydant de l'extrait hydro-alcoolique de *Matricaria chamomilla* serait donc liée à leur forte teneur en phénols totaux et en flavonoïdes par rapport au l'extrait décocté et infusé. La capacité de piégeage du DPPH des extraits végétaux augmente lorsque le niveau des groupements OH- présents dans les cycles aromatiques augmente (**Shahwar et Raza, 2012**). Cependant, d'autres composés non phénoliques présents dans les extraits peuvent avoir un effet antioxydant (**Gonçalves *et al.*, 2013**).

On peut expliquer les différences dans l'efficacité antioxydant par le mécanisme de piégeage des radicaux, qui consiste en la réaction entre un antioxydant et le radical libre DPPH. La réaction est influencée par la structure de l'antioxydant. Certains composés peuvent réagir rapidement avec le radical DPPH, ce qui entraîne une diminution du nombre de molécules de DPPH équivalent au nombre de groupes hydroxyle présents dans l'antioxydant. La conformation structurale d'un antioxydant peut donc influencer sa capacité à réagir efficacement avec le radical DPPH et à neutraliser ses effets (**Bondet *et al.*, 1997**).



Conclusion

Conclusion

Les plantes médicinales représentent toujours une source fiable des molécules bioactives, ayant montré leur efficacité dans le traitement de diverses pathologies, tout en prévenant l'apparition des effets secondaires observés lors de l'utilisation des médicaments de synthèse chimique. Cette efficacité est due à des métabolites secondaires ou à ses principes actifs comme: les composés phénoliques et les flavonoïdes. Les extraits naturels issus des plantes contiennent une variété de composés phénoliques auxquelles on attribue des capacités anti-oxydantes.

Le présent travail avait pour but de faire une étude comparative de trois techniques d'extraction des polyphénols contenus dans la plante «*Matricaria chamomilla* L». Il s'agit de l'extraction par macération hydro-alcoolique, l'extraction par infusion et l'extraction par décoction. La comparaison porte sur la quantification des teneurs en composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antioxydante.

Une variation en rendement a été remarquée. Les pourcentages calculés par rapport à la matière sèche. Le rendement d'extraction le plus élevé a été obtenu par décoction (69,81%), suivi par l'extrait infusé (60%) et l'extrait hydro-alcoolique (38,80%).

La teneur en polyphénols totaux de l'extrait a été estimée à l'aide de la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, les résultats obtenus indiquent que l'extrait hydroalcoolique de *Matricaria chamomilla* L est le riche en ces molécules, avec une teneur de $96,39 \pm 2,12$ $\mu\text{g EAG/mg E}$, par rapport l'extrait infusé et décocté qui présente des teneurs de $49,78 \pm 0,98$ $\mu\text{g EAG/mg E}$ et $44,94 \pm 2,65$ $\mu\text{g EAG/mg E}$, respectivement. Cependant le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode de trichlorure d'aluminium. Les résultats obtenus ont montré que l'extrait hydro-alcoolique est le plus riche en flavonoïdes que les autres l'extraits aqueux, avec une teneur de $38,30 \pm 0,87$ $\mu\text{g EQ/mg E}$.

Au niveau de l'activité anti radicalaire par le test de DPPH, elle diffère en fonction de la nature de l'extrait. Ainsi, l'extraction par macération est en accord avec son meilleur rendement en polyphénols avec un IC_{50} égale à $4,8 \pm 0,10$ $\mu\text{g/ml}$ suivis par l'extrait infusé ($5,77 \pm 0,36$ $\mu\text{g/ml}$) et décocté ($5,89 \pm 0,75$ $\mu\text{g/ml}$).

D'après nos résultats, nous pouvons conclure qu'il y a une corrélation positive entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante de l'extrait hydro-alcoolique. Cela justifie l'usage traditionnel de cette plante *Matricaria chamomilla* L.

Cependant, Il serait souhaitable de mener une étude plus approfondie afin d'isoler et de caractériser les principes actifs responsables de ces propriétés antioxydants et d'évaluer d'autres activités biologiques.

En perspective, il serait souhaitable de :

- * Tester la présence d'autres molécules bioactives avec d'autres méthodes d'extraction ou même dans d'autres parties de la plante utilisée.

- * Valoriser d'autres activités biologique comme l'anti-inflammatoire, antimicrobienne....



Références Bibliographique

Références Bibliographiques

A

Abbas, A.M., Seddik, M.A., Gahory, A.A., Salaheldin, S and Soliman, W.S. (2021). Differences in the aroma profile of chamomile (*Matricaria chamomilla L*) after different drying conditions. *Sustainability*,13, 5083. <https://doi.org/10.3390/su13095083>.

Abdallah,M. (2020). Effets biologiques de la camomille romaine *Chamaemelum nobile L*. Mostaganem: Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Abdel-Hameed, E.S. (2009). Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian Ficus species leaf samples. *Food Chem*, 114:1271-1277.

Achoub, H. (2013). Recherche et détermination structurale de métabolites secondaires de *Matricaria chamomilla* (Asteraceae) Etude de la phase n-butanol. Mémoire magister. Université Constantine I.

Afonso, V.C. (2007). Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases: rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du rhumatisme*,74(7), 636-643.

Al-Dabbagh, B., Elhaty, I.A., Elhaw, M., Murali, C., Al Mansoori, A., Awad, B and Amin, A. (2019). Antioxidant and anticancer activities of chamomile (*Matricaria recutita L*). *BMC research notes*, 12(1), 1-8.

Alexandra, C. (2016). La camomille romaine (*Chamaemelum nobile*); la camomille allemande (*Matricaria recutita*) et la grande camomille (*Tanacetum parthenium*):entre différences et similitudes. Thèse d'exercice. Nantes Université Pôle Santé UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques.

Aribi, A., Hasasni, L. (2018). Contribution à l'étude des extraits aqueux et méthanolique d'une plante médicinale: *Sonchus oleraceus*. Mémoire de master. Université de Guelma.

Aurélie, M. (2007). Étude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et de leurs caractéristiques organoleptiques : Influence des paramètres physico-chimiques de l'eau. Thèse. Laboratoire de Chimie Agro-industrielle-UMR1010 INRA/INP-ENSIACET 118 route de Narbonne – 31077 Toulouse Cedex 04.

B

Babayi H., Kolo I., Okogum, J. (2004). The antimicrobial activities of methanolic extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Terminalia catappa* against some pathogenic microorganisms. *Biochemistry*, 16 (2) : 102-5p.

Babenko, N., Shakhova, E. (2006). Effects of *Chamomilla recutita* flavonoids on age-related live sphingo-lipid turnover in rats. *Experimental Gerontology*, 41(1): 32-39.

Bansal , S., Choudhary , S., Sharma , M., Kumar, S.S., Lohan, S., Bhardwaj, V., Syan, N and Jyoti, S. (2013). Tea: A native source of anti-microbial agents. *Food Research International*, 53: 568- 584.

Basma, Z. (2021). Potentielle allélopathique de deux plantes médicinales (*Lavandula stoechas* .L et *Chamaemelum fuscatum*). Mila: Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf.

Belahcene, N., Messouak, Y. (2022). Etude comparative des activités anti-oxydante, anti-bactérienne et anti-inflammatoire des composés phénoliques de *l'Anthemis pendunculata* et *Matricaria chamomilla*. Mémoire de master. Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

Bartosz, G. (2003). Generation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicology*, 9(5): 21.

BenAlia, B. (2020). Différentes méthodes d'extraction de l'espèce *Matricaria chamomilla* : (analyse chimique et étude biologique). MÉMOIRE DE MASTER. Université Mohamed Khider de Biskra.

Benamor, B. (2008). Maîtrise de l'aptitude technologique de la matière végétale dans les opérations d'extraction de principe actifs; texturation par Détente instantanée Contrôlée (DIC). Thèse de doctorat en génie des procédés Industriels. Université de la Rochelle.

Benyoucef, H., Kerouaz, F. Z. (2018). Etude phytochimique et évaluation des activités anti-oxydante, anti-bactérienne et anti-inflammatoire des deux espèces :

Références Bibliographiques

Pistacialentiscus L et Matricaria recutita L. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine.

Benzeggouta, N. (2015). Evaluation des effets biologiques des extraits aqueux De plantes médicinales seules et combinées. Thèse doctorat. Université Mentouri Constantine.

Berreghioua, A. (2016). Investigation phytochimique sur des extraits bioactifs de deux brassicaceae medicinales du sud algerien : *moricaudia arvensis* et *zillama croptera*. Thèse de doctorat. Université de Tlemcen.

Bondet, V., Brand-Williams W., Berset, C. (1997). Kinetics and mechanisms of anti-oxidant activity using the DPPH free radical method. *Leben smitt Wissen schaft Technologie Food SciTechnol*, 30:609–615.

Borges, F., Garrido, J. (2013). Wine and grape polyphenols—A chemical perspective. *Food Research International*, 54 (2), 1844-1858.

BOTINEAU ,M. (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. France: Lavoisier.

Boudjouref, M. (2011). Etude de l'activité anti-oxydante et anti-microbienne d'extraits d'*Artemisia campestris L*. Mémoire magister. Université Ferhet Abbes, setif.

Boussaa, K., Izeraren, L. (2016). Etude de l'activité antibactérienne des extraits de *Rhamnus alaternus L*. Mémoire de Master. Université Abderrahmane Mira. Bejaia.

C

Chaabani, E. (2019). Eco-extraction et valorisation des métabolites primaires et secondaires des différentes parties de *Pistacia lentiscus*. Thèse de doctorat. Université de Carthage et de l'université d'avignon et des pays de vaucluse.

Chaima, B. (2022). Etude phytochimique et biologique d'une plante médicinale Algérienne :*Asteriscus graveolens* (Asteraceae). Thèse de doctorat. Université Frères Mantouri Constantine1.

Références Bibliographiques

Chebil, L., Catherine, H., Julie, A., Franc, D., Jean-Marc, E and Ghoul, M. (2007). Solubility of Flavonoids in Organic Solvents. Laboratoire Biocatalyse Bioproce de, ENSAIA-INPL, 2, Av de la Foreˆt de Haye, 54500 Vandoeuvre-le`s-Nancy, France, and Equipe de Dynamique des Assemblages Membranaires, UMR CNRS/UHP 7565, Universite´ Henri Poincare´, Vandoeuvre-le`s-Nancy, France.

D

D'amato ., Michael, G., Simpson. (2007). Asteraceae, Encyclopedia of Respiratory Medicine.d'une plante m´edicinale : *Sonchusoleraceus* .M´emoire de master. Universit´e de Guelma de d´eveloppement humain au Maroc la coop´erative f´eminine de Ben Karrich -T´etouan.

Deby-Dupont, G. (2002). Donn´ees actuelles sur la toxicit´e de l'oxyg`ene. R´eanimation ditions scientifiques et m´edicales, n°11, pp 28-39.

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

Djoubani, H. (2017). Evaluation du pouvoir antimicrobien de plusieurs extraits polyph´enolique de deux esp`eces v´eg´etales *Chamaemelum nobil L* et *Matricaria chamomilla L*. M´emoire master. Universit´e M'hamed BougaraBoumerdès, universit´e de Tlemcen.

Dutertre, J. (2011). Enquˆete prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de m´edecine g´en´erale sur l'ˆile de la R´eunion : `a propos des plantes m´edicinales, utilisation, effets, innocuit´e et lien avec le m´edecin g´en´eraliste. Th`ese doctorat d'´etat, Univ. Bordeaux 2-Victor Segalen U.F.R des sciences m´edicales, France, 33 p.

F

Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M and Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynaracardunculus L* organs, and their biological activities. Comptes rendus biologiques, 331(5): 372-379.

Références Bibliographiques

Favier, A. (2003). Le stress oxydant, Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 11: 108-115.

Favier, A. (2006). Stress Oxydant et pathologies humaines, *Annals of Pharmacotherapy*. SAGE Journal, Vol 64, pp.390-396.

G

Ghasemi, N. (2013). Evaluating the composition of *Matricaria recutita L* flowers essential oil in hydroponic culture. *J. Curr.Chem. Pharm. Sc.*3(1).

Ghaseni, P.A., Momeni, M., Bahmani, M. (2013). ETHNOBOTANICAL STUDY OF MEDICINAL PLANTS USED BY KURD TRIBE IN DEHLORAN AND ABDANAN DISTRICTS, ILAM PROVINCE, IRAN, 0(2):368-385.

Ghedira, G. (2012). *Phytothérapie anti-infectieuse*. France, Paris: Springer-Verlag .

Gonçalves, S., Gomes, D., Costa, P and Romano, A. (2013). The phenolic content and antioxidant activity of infusions from Mediterranean medicinal plants. *Industrial Crops and Products*, 43, 465-471.

H

HADJ, M.K., SAMEH, S. A ., AYDI, S ., BOUSNINA, H et HADDAD , M. (2021). *Matricaria recutita L.* : Caractérisation phytochimique, activités biologiques et possibilité d'application dans la lutte biologique. Volume 83(1). Published E-ISSN 2286-5314.

Hajjaj, G. (2017). Screening phytochimique, étude toxicologique et valorisation pharmacologique de *Matricaria chamomilla L* Et de l'ormenismixtal. (Asteraceae). Thèse doctorat. Université Mohammed V-Rabat.

Havsteen, B.H. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics*, 96, 67-202.

Références Bibliographiques

Herbinet, C. (2004). Les compléments alimentaires en phytothérapie. [Thèse d'exercice]. [Nancy]: Henri Poincaré. Disponible sur: <http://docnum.univlorraine>.

Heuskin, S., Godin, B., Leroy, P., Capella, Q., Wathelet, J.P., Verheggen, F., Haubruge, E and Lognay, G. (2009). Fast gas chromatograph characterisation of purified essential oils from essential oils of *Matricaria chamomilla* L, (Asteraceae) and *Nepeta cataria* L, (Lamiaceae). *J.Chromatographie*, 1216, 2768–2775. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.09.109>.

Heywood, K. (2007). Flowering Plant Families of the World. Ntareo, Canada.: Royal Botanic Gardens, Kew, 424pp. ISBN 1 84246 165 5.

Hopkins, W. (2003). Physiologie végétale. 2^{ème} édition américaine. Boeck et Lancier S. A, Paris: 514.

Houbairi, S., Ismaili, R., Lanouari, S., Moustaid, K et Lamiri, A. (2017). Etude De L'Activité Anti-oxydante Des Huiles Essentielles De Plantes Aromatiques Et Médicinales Marocaines, European. Scientific Journal K édition : Vol.13, No.12 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e -ISSN 1857- 7431.

I

Iserin, Paul. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales, Ed. Larousse- Bordas Paris.

J

Jean, B. (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales (4^e ed.). Paris: TEC ET DOC-Edition médicales internationales, 1288p.

Jean, Patrick. (1984). DICTIONNAIRE. Éditions LECHEVALIER S.A.R.L.

Juan, Q. (2014). Natural forms of vitamin E: metabolism, anti-oxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radical Biology and Medicine*, 72, pp. 76-90.

K

Konkon, N.G., Simaga, D., Adjoungova, A.L., Guessan K.E., Zirihi, C. N et Kone, B.D. (2006). Etude phytochimique de mitragynainermis (WILLD) O KTZE (RUBIACEAE), plante à feuille anti-diabetique. Pharm. Méd. Trad Afr, Volume 14, P.p.: 73-80.

Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytesschweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Muséum national d'histoire naturelle, paris.

L

Lahsissene H.K.A. (2009). Catalogue des plantes medicinales utilisées dans la région de zaer(Maroc Occidental).

Lehout, R., Laib, Maya. (2015). Comparaison de trois méthodes d'extraction descomposés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba*Asso. Mémoire Master. Universite des Frères Mentouri Canstantine.

Lesley, B. (2005). Plantes aromatiques et médicinales. Editeur, Larousse. ISBN,

Lila, K. Mailänder., Peter, Lorenz. , Hannes, Bitterling. , Florian, C. Stintzing ., Rolf, Daniels and Dietmar, R. K. (2022). Phytochemical Characterization of Chamomile (*Matricaria recutita* L) Roots and Evaluation of Their Antioxidant and Antibacterial Potential. Academic Editors: Simona Fabroni, Krystian Marszałek and Aldo Todaro. Molecules, 2723, 8508. <https://doi.org/10.3390/> .

Lim,T. (2013). *Matricaria chamomilla* . Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants. 397–431.

Références Bibliographiques

Locatelli, M., Travaglia, F., Coisson, J.D., Martelli, A., Stevigny, C and Arlorio, M. (2010). Total antioxidant activity of hazelnut skin (NocciolaPiemonte PGI) : Impact of different roasting conditions. Food Chemistry.

M

Madi, A. (2010). Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. Magister, Biotechnologie végétale, Université Mentouri Constantine.

Magder, S. (2006). Reactive oxygen species: Toxic molecules or spark of life. Crit care (10) :208-216.

Maher, H. Helal., Sherif, E.A .B and Shymaa, A. AbedElaaty. (2021). Chemical Characterization, Antioxidant, Anticancer and Hypolipidimic Activities of Chamomile (*Matricaria chamomilla L.*). Sherif El-Sayed Aly Badr, NMR Lab, Regional Center for Food and Feed (RCFF), Agriculture Research Center (ARC), Egypt.

Mahmoudi. S., Khali. M et Mahmoudi. N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*cynarascolymus l.*). Nature & technologie. b- sciences agronomiques et biologiques, N° 09 : 35-40.

Mariod, A.A., Ibrahim, R.M., Ismail, M and Ismail, N., (2009). Antioxidant activity and phenolic content of phenolic rich fractions obtained from black cumin (*Nigellasativa*) seed cake. Food Chemistry.

Messai, A. (2012). Etude phytochimique d'une plante médicinale de l'est Algérien (*Artemisia herba alba*). Constantine. Thèse de Doctorat des sciences en Chimie Organique. Université Mentouri Constantine Algerie.

Meziani .S., Labga, L., Menadi, N., Tehami , W.Z., Benattouche. Z., Saidani, S., Benguella, R and Benali, M. (2019). Evaluation of bioactive properties and antioxidant capacity of native and imported pomegranate fruit bark (*Punicagranatum L*) cultivars found in Algeria. International Journal of Research in BioSciences; 8(3): 1-14.

Références Bibliographiques

Middleton, J.E., Kandaswami, C., Theoharides, T.C. (2000). The Effects of Plant Flavonoids on Mammalian Cells: Implications for Inflammation, Heart Disease, and Cancer. *Pharmacological Reviews* 52, 673-751.

Mika, A. (2004). Possible functions of extra-cellular peroxidases in stress-induced generation and detoxification of active oxygen species. *Phytochemistry Reviews*, 3: 173-193.

Molnar, M., Mendešević, N., Drago, Š., Banjari, I and Stela Jokić. (2014). Comparison of various techniques for the extraction of umbelliferone and herniarin in *Matricaria chamomilla* processing fractions. *Chemistry Central Journal* 11:78 . DOI 10.1186/s13065-017-0308-y.

Moure, A. (2001.). Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72(2): 145-171.

N

Nogaret, A S. (2003). La phytothérapie : Se soigner par les plantes. Ed Groupe Eyrolles, Paris, 191 P.

Nostro, A., Germano, M.P., Angelo, V.D., Marino, A and Cannatelli, M.A. (2000). Extraction Methods and Bioautography for Evaluation of Medicinal Plant Antimicrobial Activity. *Letters in Applied Microbiology*, 30, 379-384.

O

Ojeil, A., El Darra, N., El Hajj, Y., Mouncef, P. B., Rizk, T et Maroun, R. G. (2010). Identification et caractérisation de composés phénoliques extraits du raisin château KSARA. *Lebanese Science Journal*, 11(2), 117-131.

P

Pierre, M., Lys, M. (2007). Secrets des plantes pour se soigner naturellement. Editions Artémis, Slovaquie. Pp : 89-198

Piri , S. (2019). Chemo-Diversity and Antiradical Potential of Twelve *Matricaria chamomilla L.* Populations from Iran: Proof of Ecological Effects. *Molecules*, 24(7): 1315.

Pottier-Alapetite, G. (1979-1981). Flore de la Tunisie : Angiospermes-dicotyledones. Tunisie: Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et le Ministère de l'Agriculture.

Pourrut, B. Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, *Vicia faba*. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat à l'Institut National Polytechnique de l'Université de Toulouse. France.

Powers, S., Jackson, P. (2008). Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiological Reviews*, 88(4), 1243–1276. doi:10.1152/physrev.00031.2007.

Q

Quezel, P., Santa, S. (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et de ses régions désertiques méridionales. Tome II. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.

Quy Diem, D ., Artik, E ., Angkawijaya ., PhuongLan, T ., LienHuong , H ., Felycia, Edi.S ., Suryadi ,I and Yi-Hsu, Ju. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *J Food Drug Anal* 22(3):296 302.doi:10.1016/j.jfda.2013.11.001.

R

Rahmani, Z. (2015). Etude de la relation structure-activité antioxydante et antihémolyse des érythrocytes humains par quelques dithiolethiones et composés phénoliques. Doctorat. Kasdi Merbah.

Mici, R. (2012). Décoction - infusion – macération : quelles sont les différences.

Rochette, V., Vergel, C. (2005). Le stress oxydatif: Les radicaux libres, des composés à fonction biologique méconnue : à côté de leur action physiopathologique, ce sont des régulateurs avant d'être des destructeurs. Affectation Métabolique. AMC pratique. . no 141. 28-30.

S

Saeedi, M., Mahnaz, K., Kasra, S. and Azadeh, M. (2023). *Matricaria chamomilla*: an Updated Review on Biological Activities of the Plant and Constituents. Journal of Pharmacognosy (RJP) 11(1), 2024: 109–136. DOI: 10.22127/RJP.2023.404256.2145.

Sanago R. (2006). Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université de lion.

Sazegar, M.R., A, Banakar., N, Bahrami., A, Bahrami ., M, Baghbani and S, Asrari.(2011). Efficacy of Chamomile (*Matricaria chamomilla L*) Extract and Its Antioxidant Activity in Fat-containing Foods. Journal of Applied Chemical Research, 16, 7-14.

Sepahpour, S., Jinap, S., Mohd, Y. A. M., Alfi, K and Razis, A.F.A. (2018). Comparative Analysis of Chemical Composition, Antioxidant Activity and Quantitative Characterization of Some Phenolic Compounds in Selected Herbs and Spices in Different Solvent Extraction Systems. 23, 402; doi:10.3390/molecules23020402.

Seyed, M., Bagher, H., Mary, S.B., Javad, S., Masoud, N., Abadi, M.H.S and Behrooz, S. (2016). Antioxidant Activity, Reaction Mechanisms, and Kinetics of *Matricaria recutita* Extract in Commercial Blended Oil Oxidation. International Journal of Food Properties, 19:2, 257-271, DOI:10.1080/10942912.2015.1020438.

Références Bibliographiques

Seyoum, A. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*. Sep;67(18):2058-70.

Shahwar, D., Raza, M.A. (2012). Antioxidant potential of phenolic extracts of *Mimusops ssp. selenigi*. *Asian Pacific journal of tropical bio medicine*, 2(7), 547-550.

Simo, Y. (2001). Mills, Evidence for the clinician a pragmatic framework for phytotherapy. *The European Phyto journal- ESCOP*, Issue 2.

Sofowora, A. (1993). Medicinal Plants and Traditional medicine in Africa Spectrum Books Ltd, Ibadan; 191-289. Surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes*).

T

Tanase, D.M., Evelina, M.G., Smaranda, R., A., Ciprian, R., Manuela, C., Claudia, F.C and Mariana, F. (2019). Arterial Hypertension and Interleukins: Potential Therapeutic Target or Future Diagnostic Marker. *Int J Hypertens*. 2:2019:3159283. Doi: 10.1155/2019/3159283.

Théophile de la Charie, T. (2019). Se soigner par les huiles essentielles. Pourquoi et comment ça marche ? s. l. Editions du Rocher.

Turkmen, N., Velioglu, Y. S., Sari, F and Polat, G. (2007). Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules*, 12(3), 484-496.

W

Wang, J., Zhu, F., Zhou, X.M., Niu, C.Y and Lei, C.L. (2006). Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Product Research* 42: 339-347.

Wichtl, M., Anton, R. (2009). Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition LAVOISIR, Paris: 38, 41.

Références Bibliographiques

Yvonne, Chadouli. (2012). Les plantes aromatiques et médicinales. Un exemple zaer (Maroc Occidental).

Z

Zarezadeh, S., Riahi, H., Shariatmadari, Z and Sonboli, A. (2020). Effects of cyanobacterial suspensions as bio-fertilizers on growth factors and the essential oil composition of chamomile, *Matricaria chamomilla L.* J. Appl. Phycol. 32, 1231–1241. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-02028-9>.

Zhao, Y., Sun, P., Ma, Y., Wang, K., Chang, X., Bai, Y., Zhang, D and Yang, L. (2019). Simultaneous quantitative determination of six caffeoylquinic acids in *Matricaria chamomilla L* with high-performance liquid chromatography. JChem. 4352832. <https://doi.org/10.1155/2019/4352832>.