



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre
Département des Sciences Biologiques



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME
MASTER**

Domaine : Science de la nature et vie **Filière :** Biologie

Spécialité : Biochimie appliquée

Présenté par :

M^{lle} MAHFOUD Asmaa

M^{lle} SINI Yasmine

Thème

**Etude de l'activité antioxydante des fleurs de la camomille
(*Chamaemelum nobile*)**

Soutenu le : 02/07/2023

Devant le jury composé de :

Nom et prénom

Grade

M. TIGHRINE Abderrahmane

MCB

Univ.de Bouira

Président

M. CHERGUI Achour

MCB

Univ.de Bouira

Promoteur

Mme. AIT MIMOUNE Nouara

MCA

Univ.de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2022/2023.

Remerciements

Nous commençons par remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la Volonté, l'amour du savoir et surtout le courage et la patience pour effectuer ce modeste travail.

Nous commençons par exprimer notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements à monsieur CHERGUI Achour, qui nous a honoré de proposer et diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire.

Merci de nous avoir guidé avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit ; nous ne pouvons, monsieur , que sincèrement vous exprimer notre respect et notre gratitude.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury « M. TIGHRINE Abderrahmane et Mme. AIT MIMOUNE Nouara » pour l'intérêt qu'ils ont porté à nos travaux en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions, malgré leurs compétences nous ont soutenus dans la poursuite de nos études

Enfin, on est profondément reconnaissants à toute personne qui nous a aidés de près ou de loin, directement ou indirectement durant ce passage.

Asmaa et Yasmine

Dédicaces

A l'aide d'ALLAH tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser

Ce travail que je dédie :

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma
vie ma mère **Fatima**, qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude,*

Pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

*A mon cher père **Abderrahmane**, qui m'a appris le sens de la
Persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses*

Conseils et ses encouragements.

Que dieu les gardes et les protégés.

A mon cher grand-père, que Dieu lui fasse miséricorde.

A ma grand-mère, que Dieu prolonge sa vie.

*A mes sœurs : **Ghania, Siham, Zahra, Fatiha, Louiza.***

*Leurs maris : **Fathi, Issa, Ibrahim, Fayçal.***

Aux leurs enfants, les plus chères à mon cœur.

*Ames oncles : **Rabeh, Saad.***

*A ma seule tante : **Dhawiya***

*A mes amies : **Manel, Rania, chaimaa, loubna, Soumia, Hadjer**, vous êtes
mes bons amies qui ne peuvent que jamais oublier.*

*A ma chérie SINI Yasmine, mon binôme, d'être patiente et dépasser tous
les circonstances durant ce travail et de m'aider*

*À toute ma famille : **Mahfoud et Messili.***

À tous mes enseignants.

A toute la promotion de Biochimie appliquée

Asmaa

Dédicaces

Je remercie ALLAH le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté, et l'aide dans les moments difficiles afin de mener ce travail à terme.

Je dédie ce travail :

*A mes chers parents : ma mère **Hafida** et mon père **Lakhdar** pour leurs encouragements, leurs sacrifices et leurs soutiens tout au long de mes années d'étude.*

*A mes chers frères et sœurs : **Habib, Amine, Mohammed, Rayen, Rafika, Imen, Aya** pour leur présence à tout moment*

*A mon binôme de ce travail : **Asmaa** pour sa sympathie, sa compréhension et tous les moments agréables que nous avons passés ensemble.*

*A mes amis : **Randa, Fatima, Alia, Chaima, Rania, somia, Manel, Rachida.***

A toute ma famille

A tous les collègues de ma promotion

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Yasmine

Liste des abréviations

CAT :	Catalase
DPPH:	2,2-Diphényl-1-Picrylhydrazil
EGA:	Equivalent of Gallic Acid
ERO/ROS :	Espèces réactives de l'oxygène, en anglais : réactive oxygène species
GSH :	Glutathion réduit
GSSG :	Glutathion oxydé
IC₅₀ :	Concentration inhibitrice à 50%
Mg EAG/mg :	Milligramme d'équivalent d'acide gallique par Milligrammes
Mg EQ/mg :	Milligrammes d'équivalent de quercétine par Milligrammes
NADPH:	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate.
NOS :	Oxyde nitrique synthases.
ONOO⁻ :	peroxynitrite.
SOD :	superoxyde dismutase.

Liste des tableaux

Tableau I : Différents noms vernaculaires de <i>Chamaemelum nobile</i>	3
Tableau II : Les différents appareils utilisés et leurs marques.....	18
Tableau III : Résultats de rendement, couleurs et aspect des extraits de <i>Chamaemelum nobile</i>	26
Tableau IV : Les valeurs de l'IC ₅₀ des mélange (Extraits + Acide ascorbique)	43

Liste des figures

Figure 01 : Photo montrant la camomille romaine (<i>Chamaemelum nobile</i>)	4
Figure 02 : Planche anatomique de <i>Chamaemelum nobile</i>	5
Figure 03 : Squelette de base des flavonoïdes	7
Figure 04 : Structure d'une molécule de coumarine.....	8
Figure 05 : Stress oxydatif dû à une perturbation sévère entre la formation de ROS et les défenses antioxydantes (l'équilibre physiologique est représenté par la ligne pointillée)	10
Figure 06 : les systèmes de défense enzymatiques endogènes cellulaires.....	13
Figure 07 : Les fleurs de camomille utilisée dans ce travail.....	17
Figure 08 : photographie des étapes de préparation des extraits de <i>Chamaemelum nobile</i>	20
Figure 09 : Réaction du chlorure d'Aluminium avec les flavonoïdes.....	22
Figure 10 : Principe du dosage de la capacité de de piégeage des radicaux DPPH.....	23
Figure 11 : Histogramme des rendements d'extraction.....	26
Figure 12 : Teneur en polyphénols dans les différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i>	28
Figure 13 : Teneur en flavonoïde dans les différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i>	29
Figure 14 : le milieu réactionnel d'évaluation de l'activité antioxydante après l'ajout des différentes concentrations des extraits de camomille.....	30
Figure 15 : Activité antioxydante de l'extrait hydroéthanolique.....	31
Figure 16 : Activité antioxydante de l'extrait méthanolique.....	32
Figure 17 : Activité antioxydante de l'extrait aqueux.	33
Figure 18 : Activité antioxydante de l'acide ascorbique	34
Figure 19 : Histogramme représentant les IC ₅₀ pour les extraits de <i>Chamaemelum nobile</i> par rapport à celle du standard antioxydant (Acide ascorbique)	35

Figure 20 : Activité antioxydante de mélange (extrait hydroéthanolique + Acide ascorbique 50% V/V).....	37
Figure 21 : Activité antioxydant de mélange (extrait méthanolique + Acide ascorbique 50% V/V).....	38
Figure 22 : Activité antioxydant de mélange (extrait aqueux + Acide ascorbique 50% V/V).....	39
Figure 23 : Activité antioxydant de mélange (extrait hydroéthanolique + Acide ascorbique (75%-25% V/V)	40
Figure 24 : Activité antioxydante de mélange (extrait méthanolique + Acide ascorbique (75%-25% V/V)	41
Figure 25 : Activité antioxydante de mélange (extrait aqueux + Acide ascorbique (75%-25% V/V)	42

Table des matières

Table des matières**Remerciement****Dédicace****Liste des abréviations****Liste des tableaux****Liste des figures**

Introduction	1
---------------------------	---

Synthèse bibliographique**Chapitre 1 : La camomille romaine « *Chamaemelum nobile* »**

1.1. Dénomination	3
--------------------------------	---

1.2. Classification	3
----------------------------------	---

1.3. Description botanique	4
---	---

1.4. Répartition géographique	6
--	---

1.5. Constituants chimiques	6
--	---

1.6. Utilisations traditionnelles	6
--	---

Chapitre 2 : Stress oxydatif et activité antioxydante

2.1. Le stress oxydant	10
-------------------------------------	----

2.1.1. Les Radicaux libres.....	10
---------------------------------	----

2.1.2. Différentes formes des radicaux libres.....	11
--	----

2.2. La défense antioxydante	13
---	----

2.2.1. Antioxydants enzymatiques.....	13
---------------------------------------	----

2.2.2. Antioxydants non enzymatiques.....	14
---	----

Partie expérimentale**Chapitre 3 : Matériels et méthodes**

3.1. Matériels	17
-----------------------------	----

3.1.1. Matériel végétal	17
3.1.2. Matériel de laboratoire	17
3.2. Méthodes.....	18
3.2.1. Préparation des extraits.....	18
3.2.1.1. Préparation de l'extrait aqueux	18
3.2.1.2. Préparation de l'extrait hydroéthanolique	19
3.2.1.3. Préparation de l'extrait méthanolique	19
3.2.2. Dosage des composés phénoliques.....	19
3.2.2.1. Principe de dosage	21
3.2.2.2. Protocole	21
3.2.3. Dosage des flavonoïdes	21
3.2.3.1. Principe de dosage.....	21
3.2.3.2. Protocole.....	22
3.2.4. Évaluation de l'activité antioxydants par le test DPPH.....	22
3.2.4.1. Principe.....	22
3.2.4.2. Protocole.....	23
3.2.5. Etude de l'effet synergique	24
3.2.5.1. Principe.....	24
3.2.5.2. Protocole.....	25
Chapitre 4 : Résultat et discussion	
4.1. Le rendement d'extraction.....	26
4.2. Teneur en composés phénoliques et flavonoïdes	27
4.2.1. Teneurs en composés phénoliques	27

4.2.2. Teneurs en flavonoïdes.....	29
4.3. Évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH.....	30
4.4. Etude de l'effet synergique	37
Conclusion.....	45

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

Depuis plusieurs années, l'homme qui vit à côté avec les plantes, est habitué à les consommer pour leurs propriétés médicinales et nutritives. Ainsi, même actuellement, malgré le progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement (**Ouedraogo et al., 2021**).

Diverses réactions radicalaires des plantes aux oxydants réparent les dommages oxydatifs causés par les espèces réactives de l'oxygène (ROS). Ces ROS sont principalement issus de molécule d'oxygène avec une toxicité plus significative. Comme elles s'accumulent dans les systèmes vivants et attaquent de manière agressive d'importantes biomolécules telles que l'ADN, les protéines et les lipides, elles sont associées à diverses maladies notamment le cancer et les maladies cardiovasculaires (**Migdal et Serres, 2011**).

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, présents dans une large variété de végétaux tels que les fruits, les légumes, les céréales et le thé (**Zhang et Tsao, 2016**). Ils jouent un rôle dans des processus tels que la lignification, la protection contre les rayons UV et les insectes nuisibles, et ils contribuent également aux caractéristiques sensorielles des aliments (**Macheix et al., 2005**). De plus, les composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes, ont un impact bénéfique indéniable sur la santé humaine en raison de leur puissant pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire, anti-allergique et anticancéreux (**Habellah et al., 2016**).

La famille des Asteraceae est une famille d'importance significative, comptant environ 23000 espèces réparties dans 1 500 genres différents (**Barreda et al., 2015 ; Harkati et Akkal, 2017**). Plusieurs plantes de cette famille sont cultivées pour leur valeur alimentaire ou comme plantes décoratives (**Rolnik et al., 2021**).

La camomille romaine « *Chamaemelum nobile* » également connue sous le nom d'*Anthemis nobilis* est une plante faisant partie de la famille des Astéracées. Elle présente des effets antibactériens, antifongiques, insecticides, anti-inflammatoires, hypoglycémique, antioxydants, et de nombreux autres effets (**Al-Snafi, 2016**).

Notre objectif principal consiste à évaluer l'efficacité antioxydante des extraits aqueux, hydroéthanolique et méthanoliques de *Chamaemelum nobile*.

Ce travail est divisé en deux grandes parties :

- La première partie est constituée d'un rappel bibliographique sur la plante, le stress oxydant et l'activité antioxydants.
- La deuxième partie présente les matériels et méthodes utilisés aux différentes étapes de nos travaux expérimentaux, les résultats obtenus ainsi que leur discussion, Enfin, on termine par une conclusion résumant les principaux résultats obtenus.

Synthèse bibliographique

Chapitre 1

la camomille romaine

«*Chamaemelum nobile* »

Chapitre 1 : la camomille romaine « *Chamaemelum nobile* »

1.1. Dénomination

Le terme scientifique « *chamaemelum nobile* (L) All » tire ses origines du grec ancien, où « cham » signifie « terre » ou « rampant » et « mèlon » signifie « pomme ». Ainsi, littéralement, cela se traduit par « Pomme à terre », faisant référence à la forme des capitules de la plante et à l'odeur caractéristique de certaines camomilles, rappelant celle de la pomme (Verbois, 2003).

La dénomination "romaine" est par rapport à son identification à Rome au XVe siècle, où elle a été transmise jusqu' nous en tant que mauvaise herbe, via Londres. Son nom latin « *Anthemis nobile* » provient du grec « *anthos* », qui signifie « fleur », et du latin « *nobilis* », qui signifie « noble ». La plante est également connue sous d'autres noms comme décrite dans le Tableau I (Pierre et Lys, 2007).

Le tableau suivant présente les différents noms vernaculaires de la camomille romaine :

Tableau I : Différents noms vernaculaires de *Chamaemelum nobile* (Al-Snafi, 2016).

Langue	Noms vernaculaires
Français	Camomille romain, anthémis odorante, camomille d'Anjou, camomille noble, anthémis noble.
Anglais	Sweet Chamomile, English garden Chamomile, Perennial Chamomile.
Arabe	Baboundj, ou en arabe dialectal algérien : Boumlal.
Kabyle	Tiqajirin n tgarfa, Aguntas.
Latin	<i>Chamaemelum nobile</i> , <i>Anthemis nobilis</i> .

1.2. Classification

Selon Quezel et Santa (1963), la systématique de la camomille romaine (*Chamaemelum nobile*) présenté dans la figure 01 est la suivante :

- **Règne** : Plantae.
- **Sous-embranchement** : Angiospermes.
- **Classe** : Dicotylédones.
- **Sous-classe** : Astéridées.
- **Ordre** : Asterales.
- **Famille** : Asteraceae.
- **Genre** : *Chamaemelum*.
- **Espèce** : *Chamaemelum nobile* (L).



Figure 01 : Photo montrant la camomille romaine (*Chamaemelum nobile*)

(Originale, 2023).

1.3. Description botanique

La camomille romaine (*Chamaemelum nobile* L. All.) est une plante herbacée vivace de la famille des astéracées (Omidbaigi et al., 2003). Cette famille est répartie à travers le monde et les camomilles s'adaptent bien à une variété de climats, y compris les régions semi-arides, tropicales, subtropicales, les toundras alpines et arctiques, ainsi que les régions tempérées, à part l'Antarctique (Kenoufi, 2018).

La plante de camomille mesure 16–32 cm de long avec des tiges divisées (**Omidbaigi et al., 2003**).

La plante en question présente une couverture de petits poils qui lui confère un aspect vert blanchâtre. Sa racine est robuste, fibreuse et couverte de poils fins. Les tiges, minces et ramifiées, affichent une couleur verte et sont également velues. Elles peuvent se propager horizontalement, s'étendre au sol ou pousser de manière verticale. Les tiges de cette plante portent des feuilles alternes, pennatiséquées, qui présentent une teinte vert blanchâtre et sont couvertes de poils, conformément à la description botanique (**Labrousse, 2019**) (Figure 02).

La Figure ci-dessous présente l'anatomie de la camomille romaine (*Chamaemelum nobile*).



Figure 02 : Planche anatomique de *Chamaemelum nobile* (**Sándor, 2019**).

Selon **Pillonel et al (2012)**, les tiges florales, mesurant entre 30 et 40 cm de hauteur, se terminent par un capitule unique, la plante fleurit généralement de juin à septembre. Atteignant son apogée en juillet-août.

Les fleurs de cette plante sont de couleur blanche et ont des pétales ligulés qui sont disposées les unes à côté des autres, elle possède de rares fleurons tubulaires jaune, comme décrit par **Labrousse (2019)**.

On peut trouver des glandes pubères contenant de l'huile essentielle sur toutes les parties des fleurs. Les fleurs séchées renferment entre 0,3 et 1,5% d'huile essentielle, principalement utilisée par l'industrie cosmétique et parfumerie, comme le mentionne (**Omidbaigi et al., 2004**).

1.4. Répartition géographique

L'espèce la plus couramment cultivée est prospère dans des sols secs et riches en silice pouvant pousser jusqu'à une altitude de 1000 mètres, selon **Nelly (2013)**. Comme indiqué **Dezso (2011)**, la plante est originaire du sud-ouest de l'Europe, notamment de France, d'Espagne et du Portugal, et s'est propagée en Afrique du Nord, en Asie du sud-ouest et au Moyen-Orient, y compris en Égypte.

1.5. Utilisations traditionnelles

Depuis le moyen âge, la camomille romaine est reconnue comme une plante médicinale (**Sándor et al., 2018**).

La camomille romaine a été utilisée de manière traditionnelle, que ce soit en interne sous forme de préparations orales, ou en externe par le biais d'applications topiques, en tant que remède domestique pour traiter diverses affections telles que l'indigestion, les douleurs rhumatismales, les nausées (**Zhao et al., 2014**).

La camomille est également utilisée pour soulager les symptômes de différents troubles digestifs tels que les ballonnements au niveau de l'estomac, la digestion lente, et la flatulence. De plus, elle est utilisée en complément pour soulager la partie douloureuse des troubles digestifs fonctionnels (**Labrousse, 2019**).

Cette plante présente une gamme d'utilisations médicinales, tant en infusion tiède de fleurs qu'en décoction. Elle peut aider à soulager les problèmes digestifs, agir comme anthelminthique, et être bénéfique dans le traitement de l'hystérie, de la dysménorrhée, de la forte fièvre, de la jaunisse, de l'aménorrhée et de l'expulsion du fœtus et du placenta (**Akbar, 2020**).

1.6. Constituants chimiques

Selon **Bellakhdar (2006)**, cette plante contient une variété de composés chimiques notamment : les huiles essentielles (principalement composée d'esters, tels que l'angélate d'isobutyle, les esters d'acides méthylacryliques). Il découvre également la présence d'autres

composés comme : lactones sesquiterpéniques, flavonoïdes, acides caféiques et de leurs esters glucosés, coumarines, d'acides gras, de mucilage et de minéraux.

Les principes actifs de la camomille sont des constituants polyphénoliques (flavonoïdes, acides phénolique, coumarines, procyanidols,), sesquiterpènes, huile essentielle (**Geagea, 2012**).

1.6.1. Flavonoïdes

Selon **Erdman et al (2007)**, les flavonoïdes possèdent une structure fondamentale constituée de quinze atomes de carbone arrangés selon une configuration de type (C6-C3-C6). Ils se composent de deux cycles aromatiques (A et B) et d'un hétérocycle (C) contenant de l'oxygène, (figure 3).

Selon **Achat (2013)**, il y a différentes catégories de flavonoïdes, qui comprennent principalement les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines.

Les différentes classes de flavonoïdes sont différenciées en fonction de la structure et du niveau d'oxydation du cycle hétérocyclique central (**Macheix et al., 2005**). Les flavonoïdes sont des pigments naturels présents dans les plantes et sont reconnus pour leurs propriétés protectrices contre les maladies cardiovasculaires (**Erdman et al., 2007**).

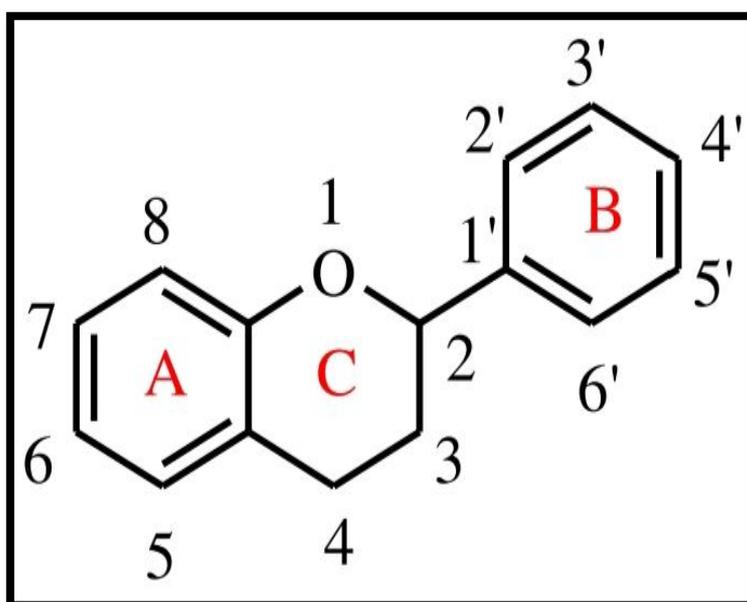


Figure 03 : Squelette de base des flavonoïdes (**Achat, 2013**).

1.6.2. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés de petite taille caractérisés par la présence d'un noyau benzénique et d'au moins un groupe hydroxyle. Ils ont la capacité de former des esters et de se lier à des sucres pour former des hétérosides, comme indiqué par (Wichtl et Anton, 2003).

D'après Madi (2018), cette sous-famille est subdivisée en deux classes bien distinctes : les dérivés de l'acide benzoïque et les dérivés de l'acide cinnamique.

1.6.3. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes, appartenant à la famille des terpènes, sont des molécules caractérisées par la formule brute $C_{15}H_{24}$. Ils sont présents dans de nombreux organismes, notamment les plantes, ils sont connus pour leurs propriétés biologiques variées, notamment leurs activités antimicrobiennes, anti-inflammatoires et anticancéreuses, tel que souligné par Bouden (2018).

1.6.4. Coumarines

Les coumarines sont des composés organiques aromatiques d'origine naturelle, caractérisés par la présence de groupes hydroxyle phénoliques. Elles peuvent subir une méthylation ou former des liaisons hétérosides. Plusieurs coumarines naturelles ont été détectées, leur présence est très répandue dans les plantes (Mirunalini et Krishnaveni, 2011).

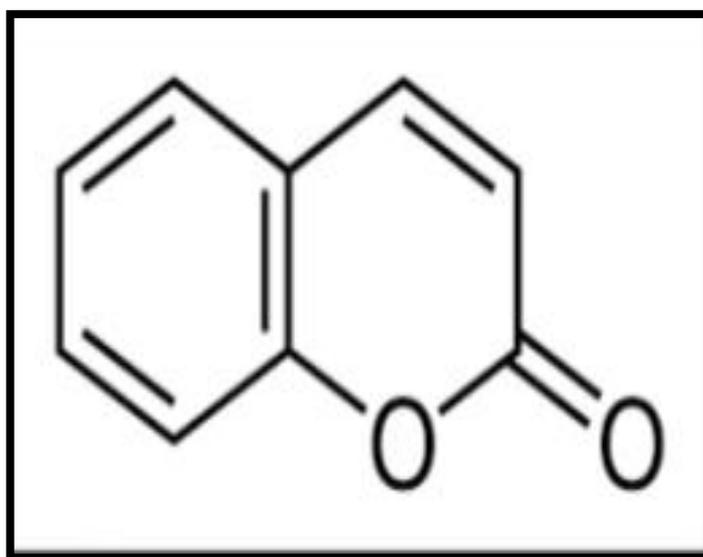


Figure 04 : Structure d'une molécule de coumarine (Aichaoui et Abeoube, 2019).

1.6.5. Huile essentielle

Les huiles essentielles sont un ensemble de substances végétales volatiles et aromatiques extraites des plantes, et elles sont considérées comme l'un des principes actifs les plus importants. Elles sont souvent associées à des résines et des gommés. Ces composés liquides extrêmement complexes renferment plusieurs constituants, notamment des terpènes et des phénols. Les huiles essentielles possèdent de nombreuses propriétés bénéfiques. Prises par voie interne, elles sont efficaces dans le traitement des rhumes, et certaines d'entre elles, comme l'huile essentielle de basilic, ont des propriétés antispasmodiques. Utilisées en application externe, elles sont employées pour soulager les douleurs rhumatismales (**Oullai et Chamek, 2018**).

Chapitre 2

**Stress oxydatif et activité
antioxydante**

Chapitre 2 : Stress oxydatif et activité antioxydante

2.1. Le stress oxydant

Le Stress Oxydatif est un état où il y a un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants dans l'organisme, favorisant les oxydants. Cela entraîne une perturbation de la signalisation et du contrôle redox ainsi que les dommages moléculaires (Figure5) (Sies, 2020). En effet, tous les organismes aérobies produisent des espèces oxydantes réactives qui ont un rôle essentiel dans les fonctions physiologiques. Cependant, le stress oxydatif devient déséquilibré quand les cellules sont exposées une quantité excessive des radicaux libres, ou lorsque les ressources antioxydantes disponibles (telles que les vitamines, les oligo-éléments, enzymes) sont insuffisantes pour neutraliser ces radicaux libres (Abderrahim, 2021).

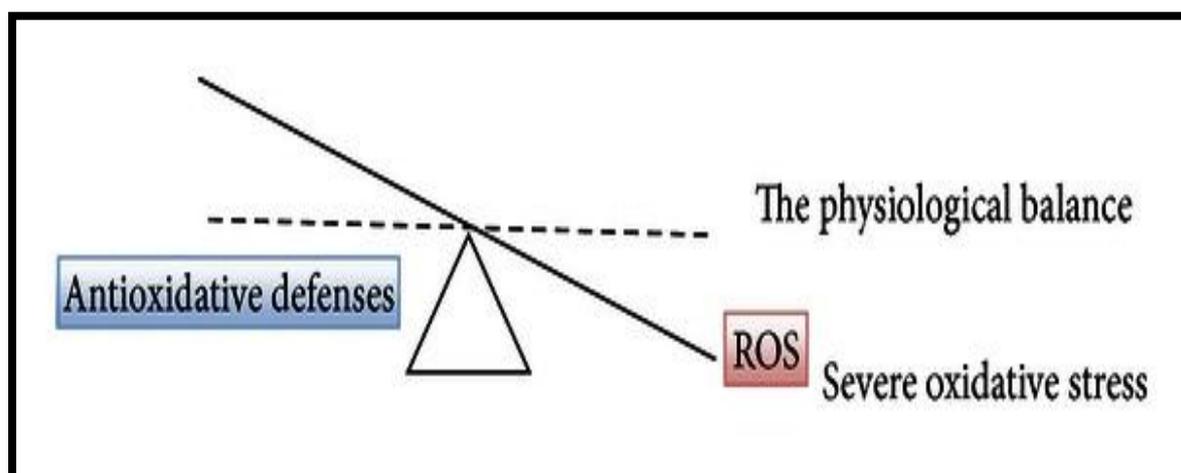


Figure 5 : Stress oxydatif dû à une perturbation sévère entre la formation de ROS et les défenses antioxydantes (l'équilibre physiologique est représenté par la ligne pointillée) (Poljsak et al., 2013).

2.1.1. Les radicaux libres

Les radicaux libres sont des molécules réactives et instables qui ont la capacité de causer des dommages à l'ADN cellulaire et divers tissus. Ils sont caractérisés par un électron non apparié et ont donc tendance à se lier à d'autres molécules en reconstituant l'électron manquant. Ce processus crée en fait plus de radicaux libres (DEES, 2021).

2.1.2. Différentes formes des radicaux libres

Les principaux radicaux libres comprennent l'anion superoxyde (O_2°), le radical hydroxyle (OH°), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2 , qui n'est pas en soi un composé radicalaire), le monoxyde d'azote (NO) et le peroxydinitrite ($ONOO^-$) (Thorin-Trescases et al., 2010).

2.1.2.1. Anion superoxyde O_2°

La formation de l'anion superoxyde se produit lorsqu'une seule molécule d'oxygène (O_2) gagne un électron supplémentaire, selon la réaction suivante : $O_2 + \text{électron} \rightarrow O_2^{\circ}$.

Cette anion superoxyde est considéré comme un radical stable, ce qui signifie qu'il est relativement peu réactif et présente une faible capacité oxydative. Il est produit naturellement dans toutes les cellules aérobies, notamment dans les mitochondries, qui sont les sites de fabrication de l'énergie cellulaire. De plus, l'anion superoxyde est généré par une enzyme appelée NADPH oxydase, présente dans les cellules endothéliales vasculaires. L'anion superoxyde peut également être formé lors de processus de détoxification des xénobiotiques, tels que les toxines ou les médicaments, par le biais du système des cytochromes P450, qui se trouve dans le réticulum endoplasmique des cellules (Noichri, 2016).

2.1.2.2. Le peroxyde d'hydrogène H_2O_2

Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) est un composé chimique réactif qui a la capacité de produire facilement des radicaux libres tels que le radical hydroxyle, notamment en présence d'ions métalliques. Bien qu'il soit considéré comme un agent oxydant relativement faible, le peroxyde d'hydrogène présente une capacité de diffusion élevée dans les systèmes biologiques. La formation du peroxyde d'hydrogène se produit principalement par une réaction appelée dismutation du radical superoxyde. Cette réaction est catalysée par une enzyme appelée superoxyde dismutase (SOD). En plus de cette voie, plusieurs systèmes enzymatiques peuvent également générer du peroxyde d'hydrogène. Parmi ceux-ci, on compte l'acide aminé oxydase et la xanthine oxydase (Ozcan et Ogun, 2015).

2.1.2.3. Radical hydroxyle OH°

La formation du radical hydroxyle peut se produire de deux manières différentes. Premièrement, il peut être formé à partir du peroxyde d'hydrogène dans la réaction de Fenton, où le peroxyde d'hydrogène réagit avec l'ion ferreux pour produire le radical hydroxyle, l'ion ferrique et l'ion hydroxyde.

Deuxièmement, le radical hydroxyle peut être formé à partir de l'anion superoxyde dans la réaction d'Haber-Weiss. Dans cette réaction, le peroxyde d'hydrogène réagit avec l'anion superoxyde pour produire de l'oxygène, un ion hydroxyde et le radical hydroxyle.

Le radical hydroxyle (OH°) est la molécule la plus réactive parmi les ERO. Il peut causer des dommages importants dans l'organisme en inactivant des enzymes telles que la pyruvate déshydrogénase dans les mitochondries (Zerargui, 2018).

2.1.2.4. Monoxyde d'azote (NO°)

Le NO° est une petite molécule caractérisée par la présence d'un électron célibataire. Il est produit dans les tissus biologiques par des enzymes spécifiques appelées synthases d'oxyde nitrique (NOS). Ces enzymes métabolisent l'arginine en citrulline et génèrent du NO par une réaction d'oxydation (Valko et al., 2007).

2.1.2.5. Peroxynitrite (ONOO^-)

Le peroxynitrite (ONOO^-) est formé par la réaction rapide entre le radical nitrique (NO°) et l'anion superoxyde ($\text{O}_2^{\circ-}$). Cette réaction se produit avec une constante de vitesse élevée. À pH physiologique, le peroxynitrite est un oxydant plus réactif que l'anion superoxyde ou le radical nitrique. Il a la capacité d'oxyder les lipides, les protéines, les acides aminés nitrés et l'ADN.

Grâce à sa grande capacité de diffusion à travers les membranes des cellules, le peroxynitrite peut facilement pénétrer dans les cellules et causer des dommages tissulaires. Il est considéré comme une espèce cytotoxique qui peut oxyder les lipoprotéines de basse densité. L'oxydation provoquée par le peroxynitrite est particulièrement importante au niveau des Sites d'inflammation, où il est généré en grande quantité. Des études ont démontré son implication dans divers troubles neurodégénératifs et plusieurs maladies rénales. Le peroxynitrite peut directement oxyder les protéines et induire des modifications de l'ADN, notamment en agissant comme un radical hydroxyle (Ozcan et Ogun, 2015).

2.2. La défense antioxydante

Selon **Hasanuzzaman et al (2020)**, le système de défense antioxydant est composé d'antioxydants non enzymatiques de faible poids moléculaire, ainsi que de certaines enzymes ayant des propriétés antioxydantes.

On peut définir les antioxydants comme des substances capables d'inhiber ou d'entraver le processus d'oxydation d'un substrat (**Benammar, 2011**).

2.2.1. Antioxydants enzymatiques

Les enzymes essentielles qui participent à la neutralisation des radicaux libres sont la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GPx) et la glutathion réductase (GRx) (**Pham-Huy et Pham-Huy, 2008**) (Figure 6).

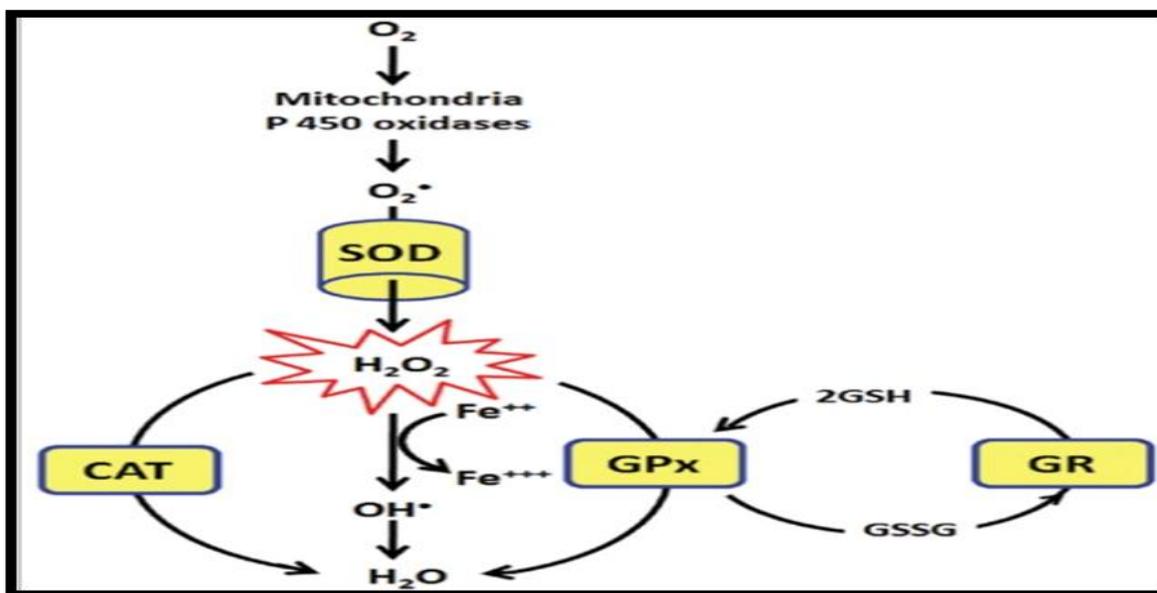


Figure 6 : les systèmes de défense enzymatiques endogènes cellulaires (**Pandey et Rizvi, 2010**).

2.2.1.1. Les superoxydes dismutases (SOD)

Ce sont des métalloprotéines responsables de la dismutation du radical superoxyde ($O_2^{\bullet-}$) en peroxyde d'hydrogène et en oxygène. Dans le cas de l'homme, on connaît l'existence de trois isoenzymes de SOD : la Cu/Zn-SOD1 présente dans le cytosol, la Mn-SOD2 localisée

dans les mitochondries, et la Cu/Zn-SOD3. Ces trois isoenzymes se distinguent par la localisation chromosomique de leur gène, leur contenu métallique, leur structure quaternaire et leur localisation cellulaire (**Haleng et al., 2007**).

2.2.1.2. Les catalases

La catalase est une enzyme antioxydante largement répandue dans de nombreux tissus vivants qui utilisent. Elle se trouve principalement dans les peroxysomes. Cette enzyme utilise le fer ou le manganèse comme cofacteur et favorise la conversion du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en eau et en oxygène moléculaire (**Ighodaro et Akinloye, 2018**).

2.2.1.3. Les glutathions peroxydases (GPxs)

Les glutathions peroxydases (Gpx) sont des protéines contenant du sélénium, formant des tétramères, situées dans le cytoplasme, le noyau et les mitochondries. Elles jouent un rôle essentiel dans la neutralisation du peroxyde d'hydrogène en le convertissant en eau, ainsi que dans l'élimination des résidus de peroxyde présents dans les lipides. Pour ce faire, elles utilisent les propriétés réductrices du couple glutathion/disulfure de glutathion (GSH/GSSG). Ce processus fonctionne de manière efficace grâce à l'activité de la glutathion réductase, qui réduit en continu le GSSG en GSH en présence de NADPH (**Dubois et al., 2020**).

2.2.2. Antioxydants non enzymatiques

Il est également possible d'utiliser des composés chimiques de faible poids moléculaire. Contrairement aux catalyseurs, ces composés n'ont pas d'action catalytique et nécessitent une régénération antioxydante ou doivent être ingérés régulièrement par le biais de l'alimentation. Par conséquent, les antioxydants non enzymatiques peuvent être classés en deux catégories : les antioxydants endogènes, synthétisés par la cellule eucaryote elle-même, et les antioxydants exogènes, qui doivent être consommés régulièrement dans l'alimentation (**Sharifi-Rad et al., 2020**).

2.2.2.1. Antioxydants non enzymatiques d'origine endogène

Il existe plusieurs substances réductrices endogènes qui jouent un rôle essentiel dans la protection de l'organisme contre les ROS. Parmi ces substances, on trouve des composés importants tels que le glutathion, la bilirubine, l'acide urique, le coenzyme Q, la mélatonine et l'acide lipoïque (**Sharifi-Rad et al., 2020**).

2.2.2.2. Antioxydants non enzymatiques d'origine exogène

En plus des antioxydants produits naturellement par notre corps, notre alimentation contient également de nombreux antioxydants. Chaque nutriment possède sa propre structure et fonction antioxydante spécifique (**Pham-Huy et Pham-Huy, 2008**).

- **Vitamine E**

La vitamine E est une vitamine soluble dans les graisses, présente principalement dans diverses huiles végétales, noix, brocolis et poissons. On recense huit formes différentes de vitamine E, et c'est l' α -tocophérol qui possède l'activité antioxydante la plus élevée, notamment au niveau des membranes cellulaires. Elle joue un rôle essentiel en transférant des atomes d'hydrogène vers différents types des ROS, y compris l'oxygène singulet, l'anion superoxyde et les radicaux peroxyde. Lorsque la vitamine E devient oxydée et radicalaire, elle est ensuite réduite par l'acide ascorbique (**Sharifi-Rad et al., 2020**).

- **Vitamine C**

La vitamine C, ou acide ascorbique, se trouve physiologiquement sous forme de l'anion ascorbate. De manière similaire à la vitamine E, un groupe hydroxyle de cette molécule peut céder un proton pour neutraliser l'électron célibataire d'un radical libre, agissant ainsi comme un "désintoxicateur". Le radical ascorbyle est également stabilisé par la délocalisation des électrons. De plus, il peut être ultérieurement stabilisé par l'oxydation du radical ascorbyle en acide ascorbique oxydé ou déhydroascorbate. L'acide ascorbique possède en réalité un large spectre d'activité antioxydante, réduisant différentes espèces oxydantes, notamment l'anion superoxyde et le radical hydroxyle. Par ailleurs, l'acide ascorbique peut régénérer la vitamine E (α -tocophérol) à partir du radical α -tocophéryle. Cette réaction contribue au recyclage de la vitamine E sous sa forme réduite, lui permettant ainsi d'exercer son activité antioxydante et de lutter contre la peroxydation lipidique (**Descamps et al., 2006**).

- **Caroténoïdes**

Il existe plus de 600 types différents de caroténoïdes, des pigments naturels présents dans les plantes et les micro-organismes. De nombreuses études ont apporté des preuves démontrant que les caroténoïdes peuvent exercer un effet préventif ou inhibiteur dans certains types de cancer, l'athérosclérose, la dégénérescence musculaire liée à l'âge et d'autres maladies. La capacité antioxydante des caroténoïdes sont principalement assignés à leur

structure contenant des doubles liaisons conjuguées, qui leur permet de délocaliser les électrons non appariés. Le β -carotène est particulièrement remarquable pour sa capacité à neutraliser efficacement l'oxygène singulet sans se dégrader et par son aptitude à réagir chimiquement avec différents radicaux libres tels que les radicaux hydroxyle (OH°), les radicaux peroxyde (ROO°) et les radicaux superoxydes (O_2°). À des concentrations adéquates, les caroténoïdes ont la capacité de préserver les lipides en les protégeant contre les dommages induits par les peroxydes (**Ahmad et al., 2010**).

- **Polyphénols**

Les composés phénoliques englobent une variété de métabolites secondaires trouvés dans différentes plantes, notamment les flavonoïdes, les tanins, les esters d'hydroxycinnamate et la lignine. Leur caractéristique principale est d'avoir des propriétés antioxydantes, ce qui signifie qu'ils sont capables de neutraliser les (ROS) responsables des dommages oxydatifs (**Ahmad et al., 2019**).

Les flavonoïdes, en particulier, se retrouvent fréquemment dans de nombreuses plantes, Ils ont un rôle crucial dans la préservation des plantes en les protégeant contre les dommages causés à leur appareil photosynthétique en raison de l'excès d'énergie d'excitation. Ils ont également un rôle de piégeage de l'oxygène singulet et atténuent les dommages causés à la membrane externe des chloroplastes (**Das et Roychoudhury, 2014**).

Des études ont montré que les plantes présentant des concentrations plus élevées de flavonoïdes ont une capacité antioxydante plus importante. Cela suggère que ces composés ont un rôle important dans la préservation des plantes en agissant comme des antioxydants naturels, protégeant ainsi les plantes contre les dommages oxydatifs (**Ahmad et al., 2019**).

Partie Expérimentale

Chapitre 3

Matériels et méthodes

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Les travaux d'expérimentation de cette étude ont été réalisés au laboratoire de Biochimie de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre, université de Bouira.

3.1. Matériels

3.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude expérimentale est constitué des fleurs séchées de *Chamaemelum nobile* L. (Figure7) qui a été achetée au niveau de la région de « ain bessem », wilaya de Bouira.



Figure 07 : Les fleurs de camomille utilisée dans ce travail (originale).

3.1.2. Matériel de laboratoire

Les différents appareils et leurs marques utilisés dans notre travail sont cités dans le tableau suivant :

Tableau II : Les différents appareils utilisés et leurs marques.

Les appareils (Matériels)	Marques
Spectrophotomètre ultraviolet-visible	OPTIZEN POP
Balance de précision p max 40g	OHAUS
Plaque chauffante	IKA C-MAG HP 7
Evaporateur rotatif	Heidolph
Agitateur magnétique	Stuart
Etuve réglable (0 à 250°C)	Venticell
Vortex	VELP
Réfrigérateur/ congélateur	Maxipower

Verreries et petits matériels

- Tubes à essai, béchers, erlenmeyers, Spatule, Support de tube à essai, micropipette réglable ; (100 à 1000 μ L), éprouvette gradué 100 mL, entonnoir, tubes coniques, papier whatman 125mm \varnothing - Grade n°1, papier aluminium, flacons stériles, cuvettes plastique de spectrophotomètre, fioles jaugées.

3.2. Méthodes

3.2.1. Préparation des extraits

Les fleurs de la plante étudiée ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique. Ensuite, la matière végétale a été tamisée à travers d'un tamiseur pour éliminer les morceaux plus gros et obtenir une poudre plus fine et homogène.

3.2.1.1. Préparation de l'extrait aqueux

La préparation de l'extrait aqueux de *Chamaemelum nobile* a été réalisée en suivant le protocole de (Hadj Mohamed et al., 2021) modifié. Dans cette méthode, 20g de poudre des fleurs Sèches ont été ajoutés à 500 mL d'eau tiède. Le mélange a été agité pendant quelques minutes sur un agitateur magnétique et laissé macérer pendant 24 h. L'extrait a été récupéré en filtrant le mélange à travers d'un papier filtre. Le filtrat a ensuite concentré avec un évaporateur rotatif à 50°C, puis séché dans une étuve à 40°C pendant une journée. L'extrait obtenue a été stockée conservée au réfrigérateur jusqu'à son utilisation.

3.2.1.2. Préparation de l'extrait hydro- alcoolique (hydroéthanolique)

La préparation de l'extrait hydroéthanolique de *Chamaemelum nobile* a été réalisée en suivant le protocole de (Dembele et al., 2023) modifié. Pour cela, 25 g de poudre ont été mélangé avec 250 mL d'éthanol 70%. Le mélange a été agité pendant quelques minutes sur un agitateur magnétique et laissé macérer pendant 24 h. Après filtration, la solution a été évaporée à 60°C à l'aide d'un évaporateur rotatif. L'extrait obtenu a été séché dans l'étuve à 40°C pendant une journée.

3.2.1.3. Préparation de l'extrait méthanolique

La préparation de l'extrait méthanolique de *Chamaemelum nobile* a été réalisée en suivant le protocole de (Bougandoura et Bendimerad, 2013). Pour cela, 25 g de poudre ont été mélangé avec 250 mL de méthanol absolu. Le mélange a été agité pendant 30 minutes sur un agitateur magnétique et laissé en macération pendant 24 h. Après cette période, la solution a été filtrée pour obtenir un extrait liquide. Par la suite, l'extrait a été concentré en évaporant le solvant à une température de 60°C à l'aide d'un évaporateur rotatif. Enfin, l'extrait obtenu a été séché dans une étuve à 40°C pendant une journée.

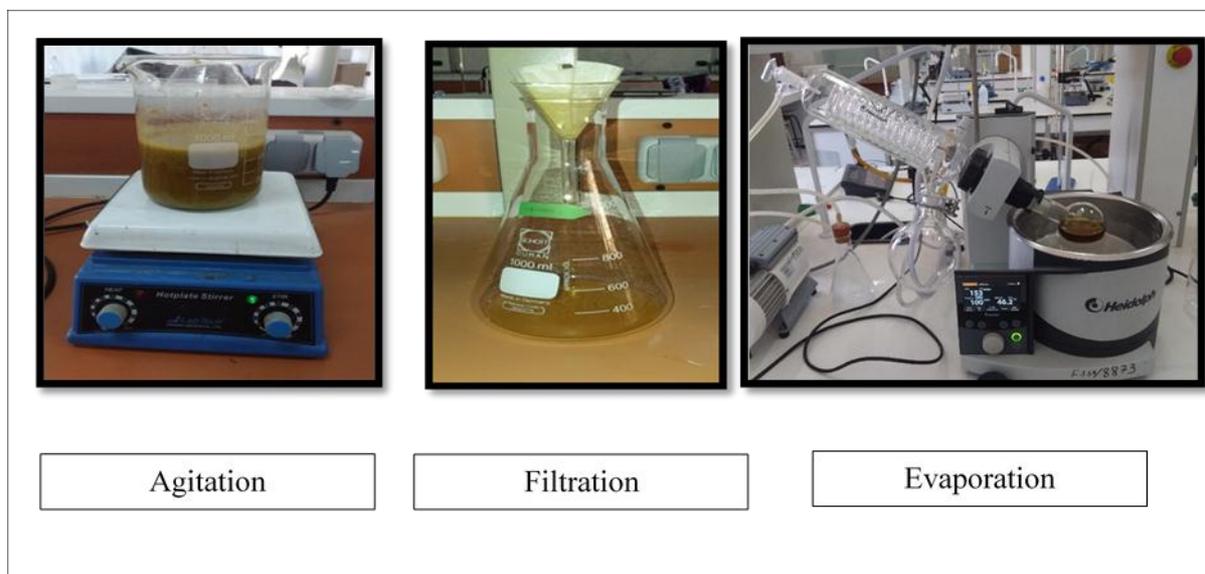


Figure 8 : photographie des étapes de préparation des extraits de *Chamaemelum nobile*.

Le rendement d'extraction des trois extraits de *Chamaemelum nobile* (extrait hydroéthanolique, aqueux et méthanolique) a été calculé suivant la formule (1) :

$$R (\%) = M 1 / M 2 \times 100 (1)$$

Avec :

R (%) : Rendement en %.

M 1 : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en g

M 2 : Masse de matière sèche (g).

3.2.2. Dosage des composés phénoliques

3.2.2.1. Principe

La méthode utilisée pour quantifier les composés phénoliques dans les extraits consiste à utiliser le réactif de Folin-Ciocalteu, en suivant le protocole décrit par **Li et al. (2007)**.

Ce réactif est composé d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂O₄₀). Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réagissent avec le réactif Folin-Ciocalteu pour former un complexe bleu d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la coloration du complexe est directement liée au degré d'oxydation des composés phénoliques présents (**Boizot et Charpentier,2006**).

3.2.2.2. Protocole

Pour chaque échantillon végétal (1 mg/ mL), 200 μ L est prélevé et mélangé avec 1 mL de Réactif de Folin-Ciocalteu 10%. Après une période de 4 minutes, 800 μ L de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5 % sont ajoutés au mélange réactionnel. Le mélange est incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 2 heures, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 765 nm. Un échantillon blanc est également préparé en utilisant de l'eau distillée à la place de l'extrait végétal, en suivant la même procédure.

Une gamme d'étalonnage est préparée à différentes concentrations de l'acide gallique (0 à 0,1mg /mL) à partir d'une solution mère de 1mg/mL dans les mêmes conditions.

Les concentrations en polyphénols totaux des extraits sont calculées à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique (**voir annexe 02**) et exprimées en milligrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait sec (mg EAG/mg d'extrait).

3.2.3. Dosage des flavonoïdes

3.2.3.1. Principe

La méthode de quantification des flavonoïdes utilisée est basée sur la réaction de chélation entre l'ion Al^{+3} du trichlorure d'aluminium (AlCl_3) et les atomes d'oxygène présents aux positions 4 et 5 des flavonoïdes, formant ainsi un complexe jaunâtre. Cette méthode, décrite par **Bahorun et al (1996)**, permet d'établir une corrélation entre la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait et l'intensité de la coloration jaune produite. Ainsi, la coloration jaune observée est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait, comme rapporté par **Ali-Rachedi et al (2018)**.

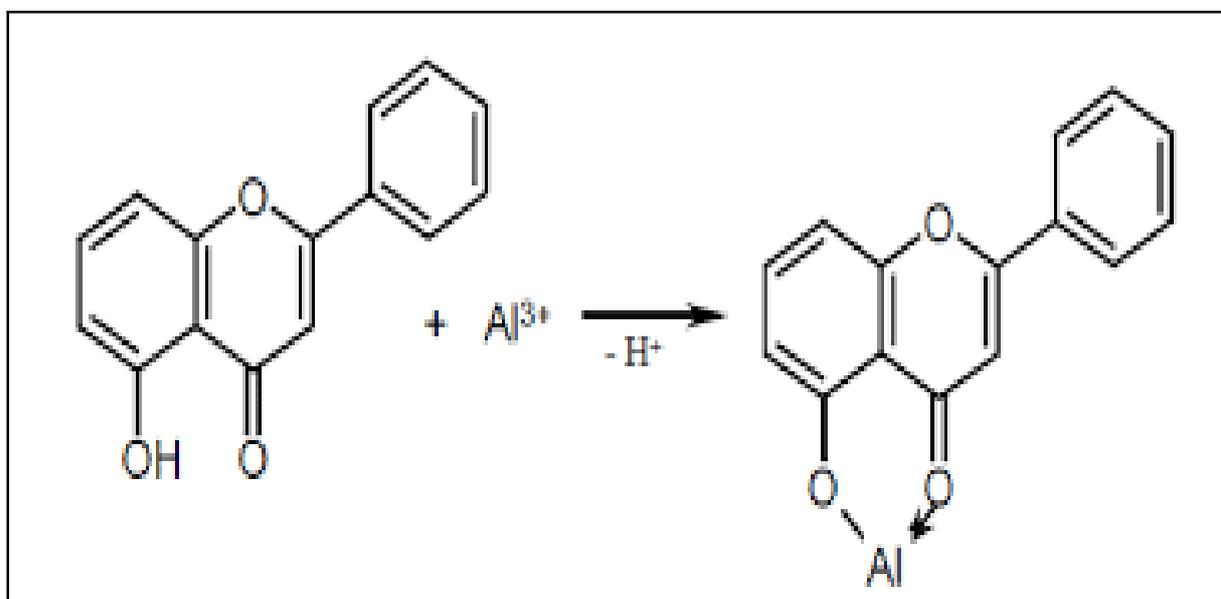


Figure 09 : Réaction du chlorure d'Aluminium avec les flavonoïdes (Lagnika, 2005).

3.2.3.2. Protocole

Pour la quantification des flavonoïdes, 1 mL d'extrait (à une concentration de 1mg/mL) ou d'étalon est combiné avec 1 mL de solution d'AlCl₃ à 2%. Ensuite le mélange est incubé à l'obscurité, à température ambiante, pendant 10 minutes, puis la lecture est effectuée à une longueur d'onde de 430 nm. La concentration des flavonoïdes est calculée en utilisant une gamme d'étalonnage établie avec de la quercétine (0-0,1 mg/mL) (voir annexe 02). Elle est exprimée en milligrammes d'équivalent de quercétine par milligrammes d'extrait (mg EQ/mg d'extrait).

3.2.4. Evaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH

3.2.4.1. Principe

Le test DPPH est une méthode fréquemment employée pour évaluer l'activité antioxydante des extraits de plantes, Le test DPPH repose sur la capacité des antioxydants à transférer un électron ou un atome d'hydrogène pour neutraliser le radical DPPH. Cette réaction provoque la conversion du radical DPPH violet (DPPH[•]) en une forme réduite jaune (DPPH-H), ce qui entraîne une modification de la couleur observée. Cette modification peut être quantifiée en mesurant l'absorbance à une longueur d'onde de 517 nm (Figure 10) (Munteanu et Apetrei, 2021).

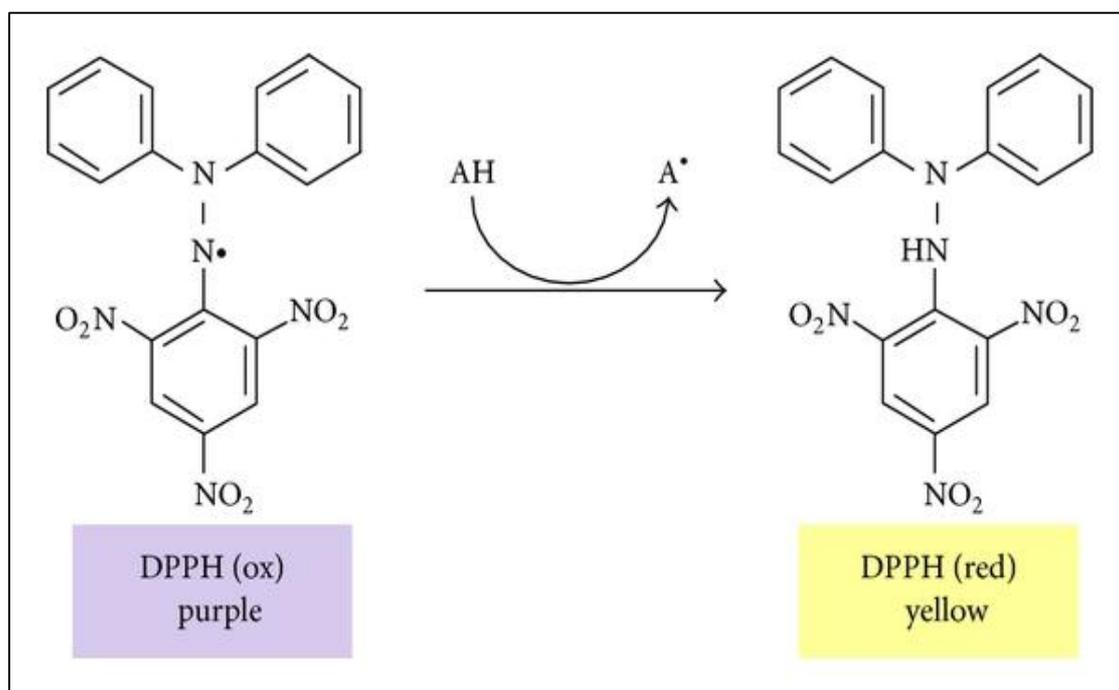


Figure 10 : principe du dosage de la capacité de piégeage des radicaux DPPH (Teixeira,2013).

3.2.4.2. Protocole

La méthode décrite par **Djeddi et al (2015)** a été utilisée pour évaluer le pouvoir antiradicalaire. Pour effectuer l'expérience, 100 μL de chaque extrait ou d'étalon (acide ascorbique) à différentes concentrations ont été introduits à 2 mL de la solution de DPPH (0,024mg/ml, préparée dans le méthanol (**voir annexe 01**)). Les extraits hydroéthanolique et méthanolique étaient présents dans le milieu réactionnel à des concentrations allant de 0 à 25 mg/mL, tandis que l'extrait aqueux était présent à des concentrations allant de 0 à 30,5 mg/mL. Les concentrations d'acide ascorbique variaient quant à elles entre 0 et 0,25 mg/mL. Après une période de 30 minutes d'incubation à l'abri de la lumière, les absorbances ont été mesurées à une longueur d'onde de 517 nm.

Le blanc est représenté par l'utilisation de méthanol comme substitut, tandis que le contrôle consiste en un mélange de 2 ml de DPPH dilué dans 100 μL de méthanol.

Le calcul du pourcentage d'inhibition des radicaux libres (I %) est réalisé en utilisant la formule suivante :

$$I \% = [(A_c - A_e) / A_c] \times 100$$

Où : I % : pourcentage d'inhibition.

A_c : Absorbance du contrôle

A_e : Absorbance de l'échantillon

L'étude a été répétée deux fois, et les résultats ont été exprimés en termes de valeurs d'IC₅₀ (concentration inhibitrice de 50 % des radicaux DPPH). Cette concentration a été calculée à l'aide du logiciel (GraphPAD).

3.2.5. Etude de l'effet synergique

Il est bien établi que la combinaison de plusieurs plantes utilisées en médecine traditionnelle conduit à des effets pharmacologiques plus significatifs par rapport à leur utilisation individuelle. Ce phénomène est couramment désigné sous le terme de synergie, qui se définit comme l'action coordonnée ou corrélée de deux ou plusieurs structures, agents ou processus physiologiques, de manière à ce que l'action combinée soit supérieure à la somme des actions de chacun pris séparément (Sonam et Guleria, 2017).

L'objectif de cette étude est d'investiguer l'effet synergique de l'activité antioxydante résultant de mélange des extraits des fleurs de *Chamaemelum nobile* (extrait aqueux, hydroéthanolique, méthanolique) avec l'acide ascorbique. Nous cherchons à déterminer si l'association de ces composés permet d'obtenir des effets antioxydants supérieurs à ceux observés lorsque les extraits et l'acide ascorbique sont utilisés individuellement.

Nous avons choisi l'acide ascorbique plutôt que d'autre antioxydant parce qu'il est généralement plus facilement accessible et économiquement viable, ce qui facilite son utilisation dans les expériences et son inclusion dans les produits. Ainsi qu'il est souvent utilisé en combinaison avec d'autres antioxydants pour améliorer leur activité antioxydante globale.

3.2.5.1. Principe

Pour évaluer la présence éventuelle d'une synergie dans l'activité antioxydante des combinaisons, nous avons réalisé un test de piégeage du radical libre DPPH sur les mélanges, et les résultats ont été quantifiés en termes de valeur IC_{50} . Cette méthode nous offre la possibilité d'évaluer l'efficacité des mélanges dans la neutralisation du radical DPPH et de comparer leurs performances antioxydantes par rapport aux échantillons individuels.

La synergie est considérée lorsque l'effet des combinaisons dépasse de manière significative la somme de chaque extrait et l'acide ascorbique étudié isolément : **$IC_{50} < IC_{50} \text{ d'extrait} + IC_{50} \text{ d'acide ascorbique}$**

3.2.5.2. Protocole

Nous avons suivi le même protocole expérimental utilisé pour évaluer l'activité antioxydante des extraits individuels.

Voici les combinaisons qui ont été testées :

- 50% Extrait - 50% Acide ascorbique v/v
- 75% Extrait- 25% Acide ascorbique v/v

Le mélange de chaque extrait avec l'acide ascorbique est préparé chacun dans le solvant d'extraction.

Chapitre 4

Résultats et discussion

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est déterminé en calculant le rapport entre le poids de l'extrait sec et le poids de la matière végétale sèche réduite en poudre.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau III et la figure 11.

Tableau III : Résultats du rendement d'extraction, couleurs et aspect des extraits de *Chamaemelum nobile*

Extrait	Aspect	couleur	Rendement %
Aqueux	Pâteux	Marron foncé	31,05
Hydroéthanolique	Visqueux	Marron verdâtre	12,76
Méthanolique	Visqueux	Marron	11,08

Selon les résultats obtenus qui sont résumés dans l'histogramme (figure 11), on observe que le rendement le plus élevé est obtenu avec l'extrait aqueux de *Chamaemelum nobile* (31,05%), suivi de l'extrait hydroéthanolique (12,76%), tandis que le rendement le plus faible est celui de l'extrait méthanolique (11,08%).

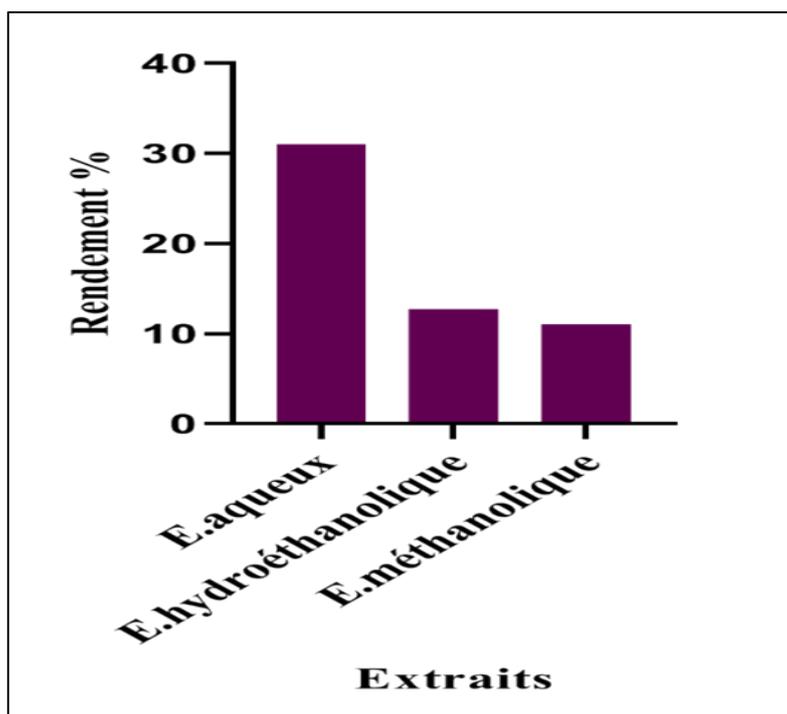


Figure 11 : Histogramme des rendements d'extraction.

Les résultats obtenus dans cette étude concernant le rendement d'extraction par macération hydroéthanolique sont comparables à ceux rapportés par **Al-Dabbagh et al (2019)** sur l'espèce *Matricaria recutita* L.(camomille) qui ont obtenu un rendement de 13,51%.

Dans l'étude menée par **Hoekou et al (2016)** sur la plante *Parquetina nigrescens*, il a été observé que le rendement d'extraction hydroéthanolique des racines était de 11,4%, tandis que l'extraction à partir des feuilles présentait un rendement de 8,5%. D'après les recherches menées par **Daoudi et al (2015)**, il est établi que les rendements d'extraction peuvent différer en fonction de plusieurs facteurs, tels que l'espèce végétale, l'organe utilisé pour l'extraction, les conditions de séchage, l'abondance des métabolites spécifiques à chaque espèce et la polarité du solvant utilisé. Les solvants polaires ont généralement un meilleur rendement d'extraction par rapport aux solvants moins polaires. La différence de polarité des solvants permet d'extraire une large gamme de métabolites secondaires présents dans la plante. Il est important de prendre en compte ces variations et de choisir judicieusement le solvant d'extraction afin d'obtenir le rendement optimal et d'extraire efficacement les composés souhaités de la plante (**Green, 2004**).

4.2. Teneur en composés phénoliques et flavonoïdes

4.2.1. Teneurs en composés phénoliques

Les polyphénols ont été quantifiés en utilisant une courbe d'étalonnage linéaire établie avec un standard (acide gallique) à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (mg EAG /mg d'extrait) et sont représentés dans la figure 12.

Selon les données présentées dans la figure12, l'extrait hydroéthanolique présente la teneur la plus élevée en polyphénols, avec une concentration de $0,081 \pm 0,0016$ mg EAG/mg d'extrait. L'extrait méthanolique, quant à lui, affiche une concentration de $0,054 \pm 0,0055$ mg EAG/mg d'extrait, tandis que l'extrait aqueux présente la plus faible teneur en polyphénols, soit seulement $0,0197 \pm 0,0015$ mg EAG/mg d'extrait.

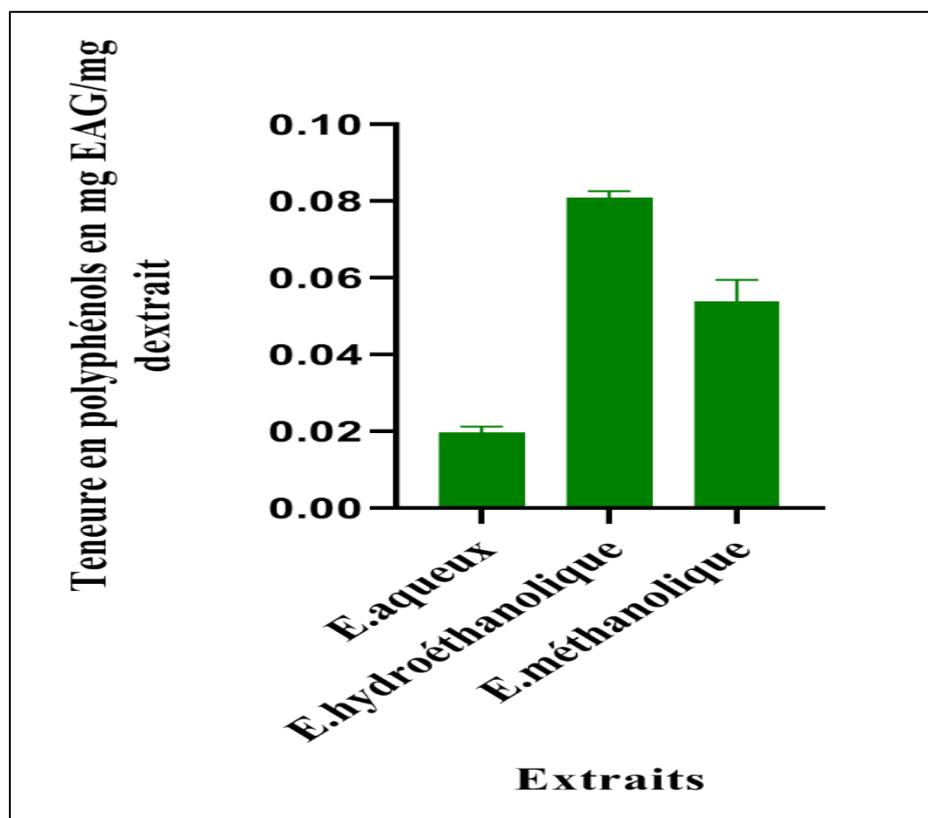


Figure 12 : Teneur en polyphénols dans les différents extraits de *Chamaemelum nobile*

Les résultats obtenus dans l'étude menée par **Al-Dabbagh et al (2019)** avec l'espèce *Matricaria recutita* L, ont montré que la teneur en polyphénols est $0,0214 \pm 0,327$ mg EAG/mg, qui est inférieure à nos résultats pour l'extrait hydroéthanolique.

Les résultats de l'étude menée par **Hadj Mohamed et al (2021)** ont montré des teneurs plus élevées en polyphénols dans l'extrait aqueux de *Matricaria recutita* L, atteignant ($0,4125 \pm 0,0194$ mg EAG/mg) comparativement à notre extrait.

Le choix du solvant utilisé dans l'extraction des composés phénoliques a un impact significatif sur la quantité récupérée. Des études antérieures, telles que celle menée par Tanase et al. (2019), ont mis en évidence l'influence de facteurs tels que la polarité du solvant et la solubilité des composés dans les solvants d'extraction. Les solvants polaires, en raison de leur haute solubilité des phénols, permettent d'obtenir des extraits avec des concentrations plus élevées de ces composés, comme l'ont également souligné **Sepahpour et al (2018)**.

La teneur totale en composés phénoliques dans les extraits de plantes peut également être influencée par des facteurs environnementaux tels que la température, la composition du sol, la

saison de culture et de récolte, la localisation géographique, le degré de maturation de la plante et la durée de conservation. Des recherches, notamment celles menées par **Borges et al (2013)**, ont mis en évidence l'impact de ces facteurs sur les niveaux de composés phénoliques.

4.3.2. Teneur en flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes totaux a été effectuée en utilisant la méthode spectrophotométrique au trichlorure d'aluminium (AlCl_3). La quantité de flavonoïdes présente dans les trois extraits a été déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec de la quercétine, exprimée en milligrammes d'équivalents de quercétine par milligramme d'extrait (mg EQ/mg d'extrait).

Selon la courbe d'étalonnage de la quercétine et les données présentées dans la figure 13, les résultats obtenus révèlent que l'extrait hydroéthanolique présente la teneur la plus élevée en flavonoïdes, avec une quantité de $0,052 \pm 0,0015$ mg EQ/mg d'extrait. L'extrait méthanolique affiche une quantité légèrement inférieure de $0,048 \pm 0,0037$ mg EQ/mg d'extrait, tandis que l'extrait aqueux présente une teneur en flavonoïdes relativement faible, soit $0,0117 \pm 0,0015$ mg EQ/mg d'extrait.

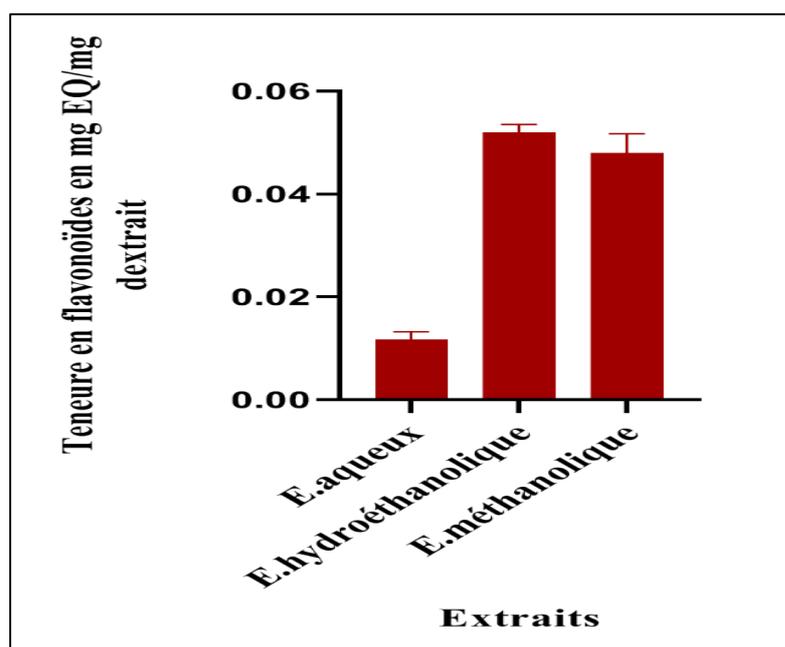


Figure 13 : Teneur en flavonoïde dans les différents extraits de *Chamaemelum nobile*

Al-Dabbagh et al (2019) ont rapporté des teneurs supérieures en flavonoïdes à celles de la présente étude avec l'extrait hydroéthanolique de *Matricaria recutita* L qui est ($0,1579 \pm 2,22\text{mg/mg}$)

Différents solvants ont des affinités différentes avec les flavonoïdes en raison de leurs structures complexes chimiques. 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 influencée par leur capacité à établir des liaisons hydrogène avec le solvant. Ces composés ont une faible solubilité dans l'eau et les solvants très apolaires, mais ils sont plus solubles dans des solvants polaires tels que les alcools. Cette caractéristique de solubilité est mise en évidence dans plusieurs études, y compris celle réalisée par **Rahmani (2015)**.

4.4. Évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH

On a utilisé un spectrophotomètre pour évaluer l'activité antioxydante des extraits de *Chamaemelum nobile* ainsi que celle d'un antioxydant standard (acide ascorbique) sur le radical libre DPPH. Cette évaluation consistait à suivre la réduction du radical DPPH, qui entraîne un changement de couleur observable du violet au jaune. La mesure de ce changement de couleur a été effectuée à une longueur d'onde de 517 nm.



Figure 14 : le milieu réactionnel d'évaluation de l'activité antioxydante après l'ajout des différentes concentrations des extraits de camomille.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de l'extrait hydroéthanolique des fleurs de *Chamaemelum nobile*.

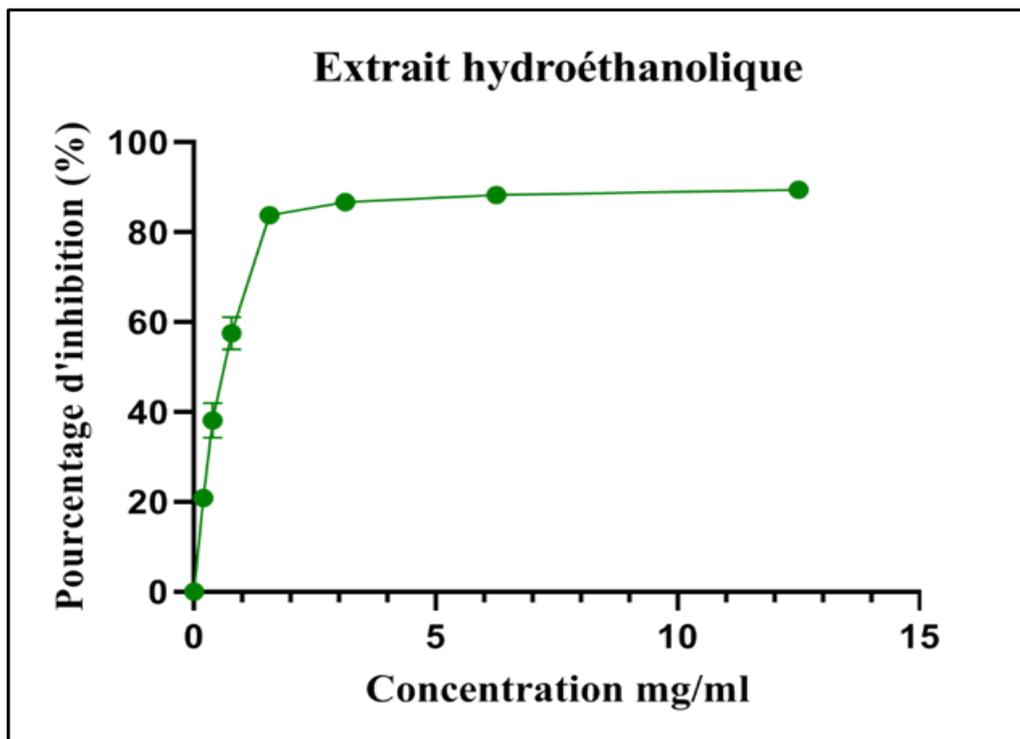


Figure 15 : Activité antioxydante de l'extrait hydroéthanolique.

Les résultats indiquent l'augmentation du pourcentage d'inhibition du radical libre en fonction de l'augmentation de la concentration.

L'extrait hydroéthanolique de *Chamaemelum nobile* a montré une activité antioxydante significative en termes de piégeage du radical DPPH, avec un pourcentage d'inhibition de 89,432% à une concentration finale de 12,5 mg/mL.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de l'extrait méthanolique des fleurs de *Chamaemelum nobile*.

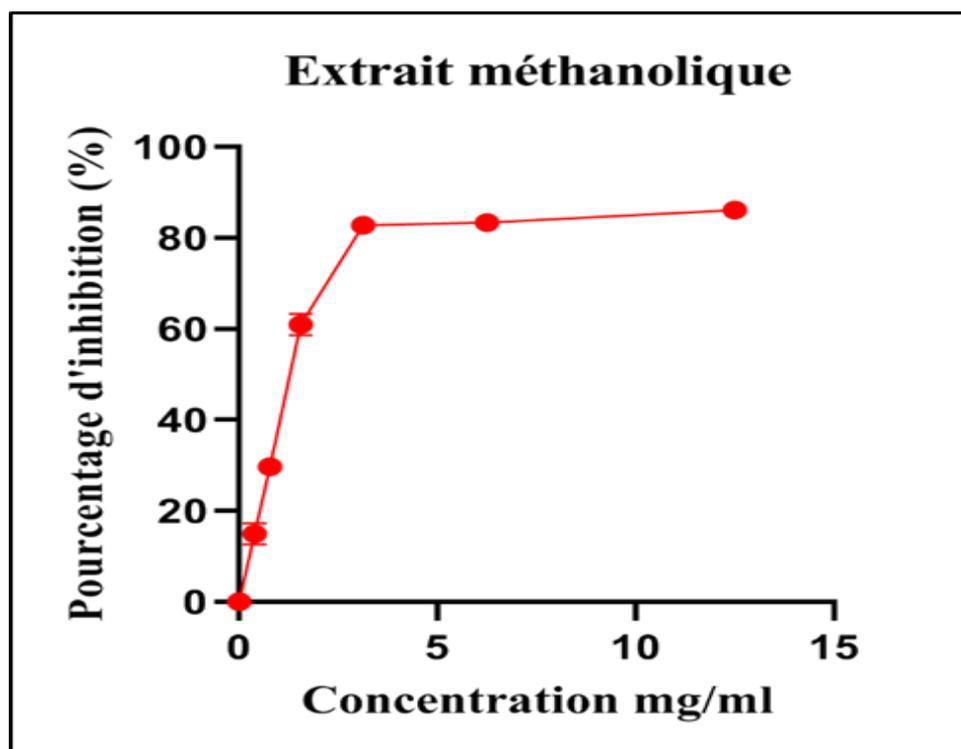


Figure 16 : Activité antioxydante de l'extrait méthanolique.

L'extrait méthanolique de *Chamaemelum nobile* a montré une activité antioxydante significative en termes de piégeage du radical DPPH, avec un pourcentage d'inhibition de 89,432% à une concentration finale de 12,5 mg/mL.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de l'extrait aqueux des fleurs de *Chamaemelum nobile*.

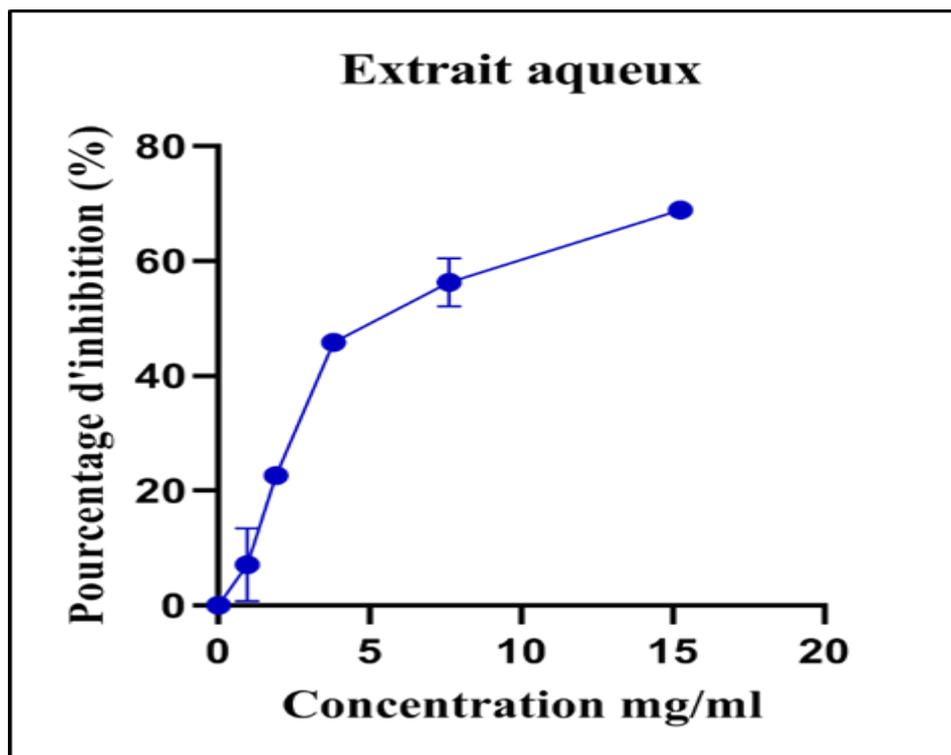


Figure 17 : Activité antioxydante de l'extrait aqueux.

Selon ces résultats, nous pouvons déduire que l'extrait aqueux présente une activité antiradicalaire faible que l'extrait hydroéthanolique et méthanolique avec un pourcentage d'inhibition de 68,898% à une concentration finale (15,25mg/mL).

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de l'acide ascorbique.

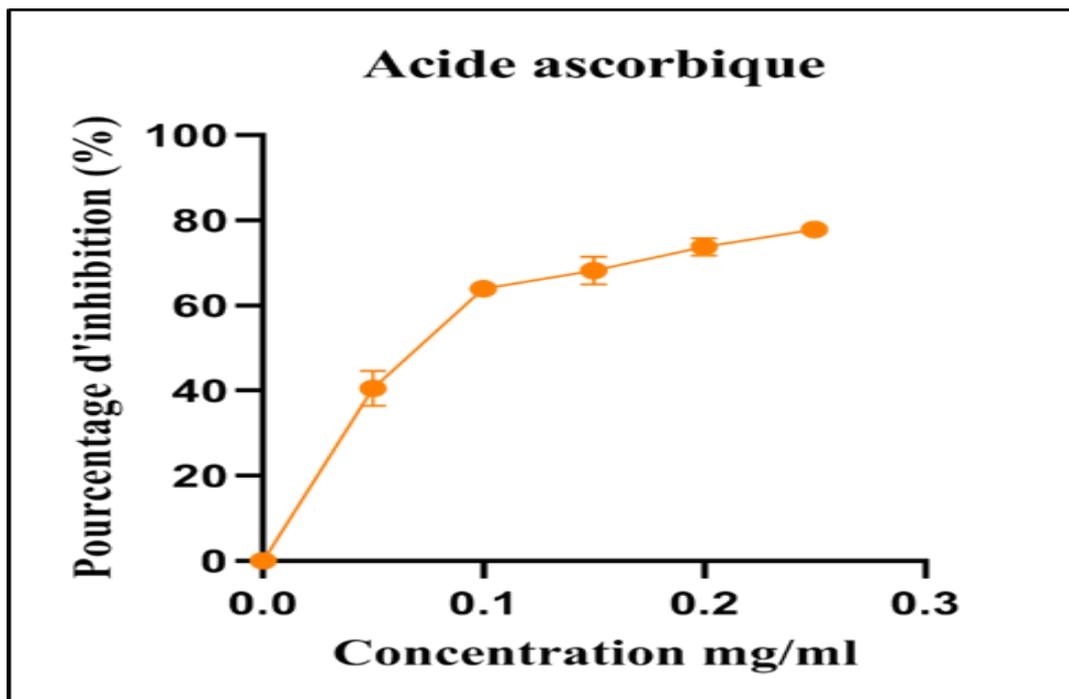


Figure 18 : Activité antioxydante de l'acide ascorbique

Les résultats mettent en évidence que l'acide ascorbique présente une activité antiradicalaire puissante avec un pourcentage d'inhibition 77,87% à une concentration final (0,25mg/mL).

La relation entre l' IC_{50} et la capacité antioxydante d'un composé est inverse. En d'autres termes, plus la valeur de l' IC_{50} est petite, plus la capacité antioxydante du composé est élevée. L' IC_{50} représente la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire de moitié la concentration des radicaux libres. Ainsi, une petite valeur d' IC_{50} indique qu'une quantité plus faible du composé est requise pour obtenir une inhibition significative des radicaux libres, ce qui indique une activité antioxydante plus puissante (**Habibou et al., 2019**)

Nos résultats montrent que l'extrait hydroéthanolique est le plus actif et montre une activité antioxydante supérieure à celles des extraits aqueux et méthanolique, il montre une IC_{50} faible ($0,665 \pm 0,003$ mg/mL). En outre, l'extrait méthanolique montre une $IC_{50} = 1,264 \pm 0,041$ mg/mL qui reste inférieure par rapport à celle de l'extrait aqueux ($4,592 \pm 0,205$ mg/mL), qui représente

l'extrait le moins actif. Cependant, l'activité antiradicalaire de l'antioxydant standard (Acide ascorbique) se révèle extrêmement puissante (IC_{50} très faible est de $0,068 \pm 0,068$ mg/mL), surpassant ainsi celle des extraits étudiés. Les résultats obtenus soulignent à la fois l'efficacité notable de l'extrait hydroéthanolique et les performances remarquables de l'antioxydant standard utilisé dans cette étude (Figure 21).

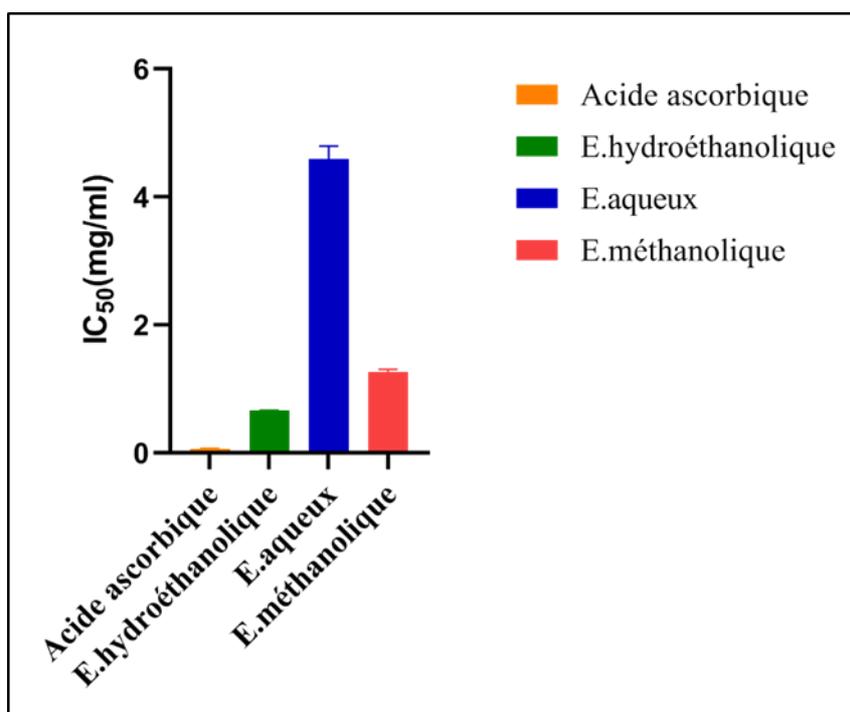


Figure 19 : Histogramme représentant les IC_{50} pour les extraits de *Chamaemelum nobile* par rapport à celle du standard antioxydant (Acide ascorbique).

Al-Dabbagh et al (2019) ont démontré dans leur étude que l'extrait hydroéthanolique avait une activité anti-radicalaire plus élevée ($IC_{50}=0,0267$ mg/mL) par rapport à notre extrait ($IC_{50}=0,665 \pm 0,003$ mg/mL).

Le test DPPH est considéré comme la méthode la plus efficace, la plus simple et la plus couramment utilisée pour évaluer l'activité préliminaire de piégeage des radicaux libres d'un composé ou d'un extrait de plante (**Gnansounou, 2019**).

Au cours de cette étude, une corrélation positive a été observée entre l'activité antiradicalaire des trois extraits étudiés et leur teneur en composés phénoliques. Cela suggère

qu'une concentration plus élevée de composés phénoliques dans les extraits est associée à une activité antiradicalaire plus importante.

Plusieurs études antérieures ont également rapporté la corrélation positive entre la quantité des polyphénols présent dans les extraits des végétaux et la capacité antioxydante. Par exemple, la recherche menée par **Dieng et al (2017)** a révélé que les extraits riches en polyphénols de l'écorce de la plante *Piliostigma thonningii* avaient une capacité antioxydante plus élevée que les extraits de feuilles à faible teneur en polyphénols.

De plus, l'étude menée par **Wu et al (2020)** a révélé une corrélation positive significative entre la quantité de polyphénols et l'activité antioxydante observée dans les extraits de divers cultivars d'okra (*Abelmoschus esculentus L. Moench*).

En plus de la composition phénolique, la présence de composés bioactifs supplémentaires joue un rôle crucial dans l'activité antioxydante, de leurs interactions et effets synergiques (**Viera et al., 2022**).

En résumé, les résultats de cette étude indiquent que la richesse en polyphénols des extraits de *Chamaemelum nobile* est responsable de leur activité antioxydante.

4.5. Etude de l'effet synergique

Les résultats obtenus lors de l'évaluation de capacité antiradicalaire des combinaisons de différents extraits de *Chamaemelum nobile* et d'acide ascorbique à l'aide du test DPPH, sont les suivants.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de mélange d'extrait hydroéthanolique de *Chamaemelum nobile* et l'acide ascorbique (50%V/V).

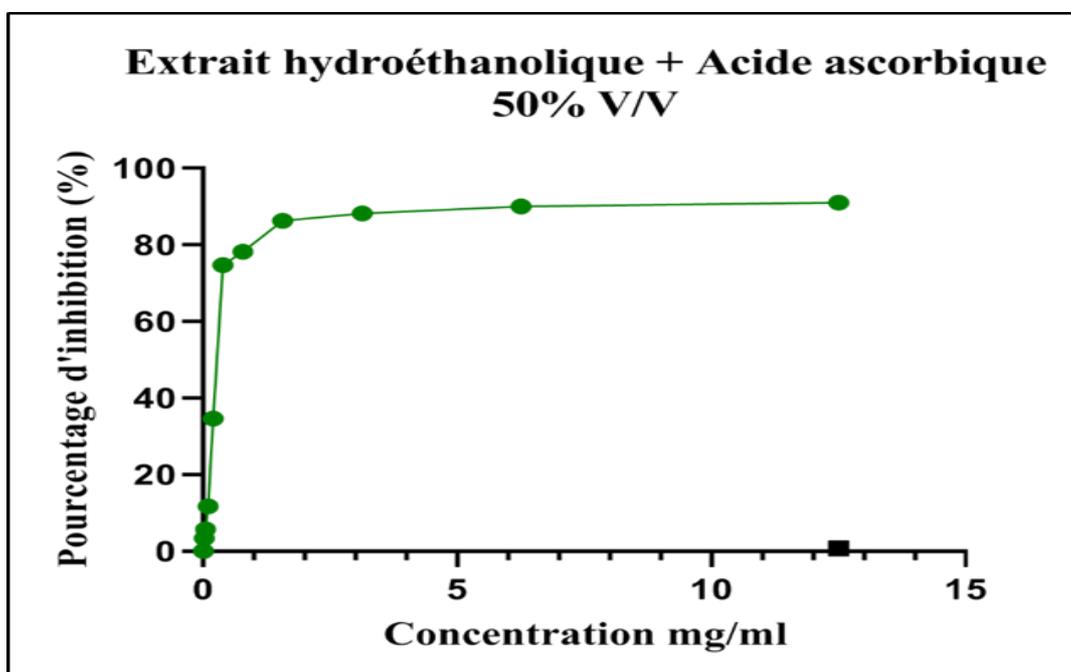


Figure 20 : Activité antioxydante de mélange (extrait hydroéthanolique + Acide ascorbique 50% V/V).

D'après ces résultats, on a trouvé que l' IC_{50} de l'association de l'extrait hydroéthanolique avec l'acide ascorbique 50% V/V est faible ($IC_{50}=0,359\pm 0,006\text{mg/mL}$), l'activité antioxydante est donc plus importante que l'effet de l'addition des deux activités séparées.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de mélange d'extrait méthanolique de *Chamaemelum nobile* et l'acide ascorbique (50% V/V).

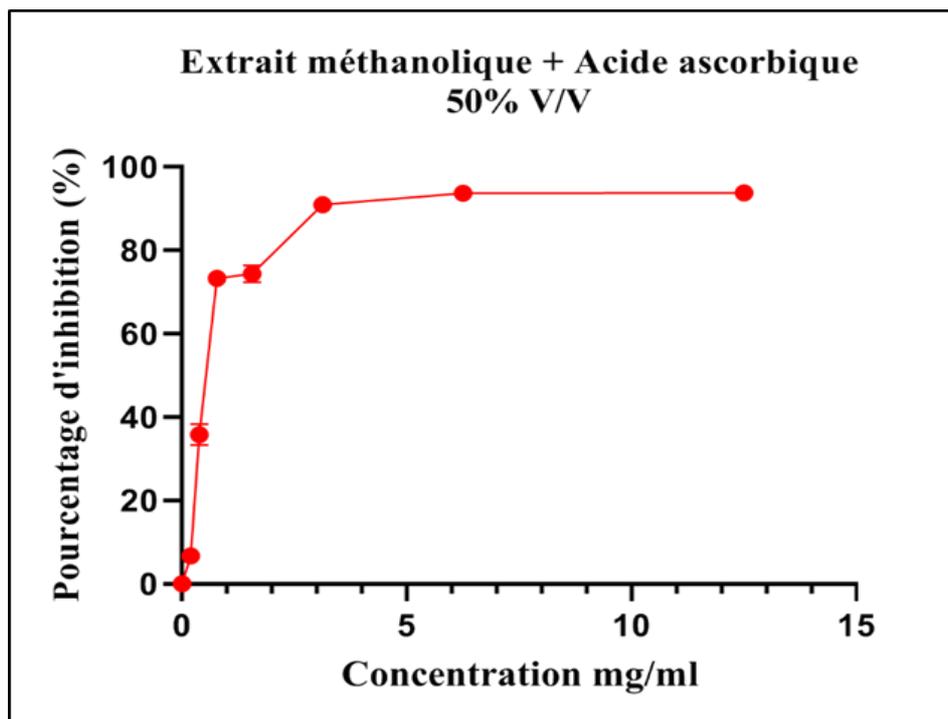


Figure 21 : Activité antioxydant de mélange (extrait méthanolique + Acide ascorbique 50% V/V).

L' IC_{50} de l'association de l'extrait méthanolique avec l'acide ascorbique 50% V/V est faible ($IC_{50}=0,707 \pm 0,003$ mg/mL), l'activité antioxydante est donc plus importante que l'effet de l'addition des deux activités séparées.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de mélange d'extrait aqueux de *Chamaemelum nobile* et l'acide ascorbique (50% V/V).

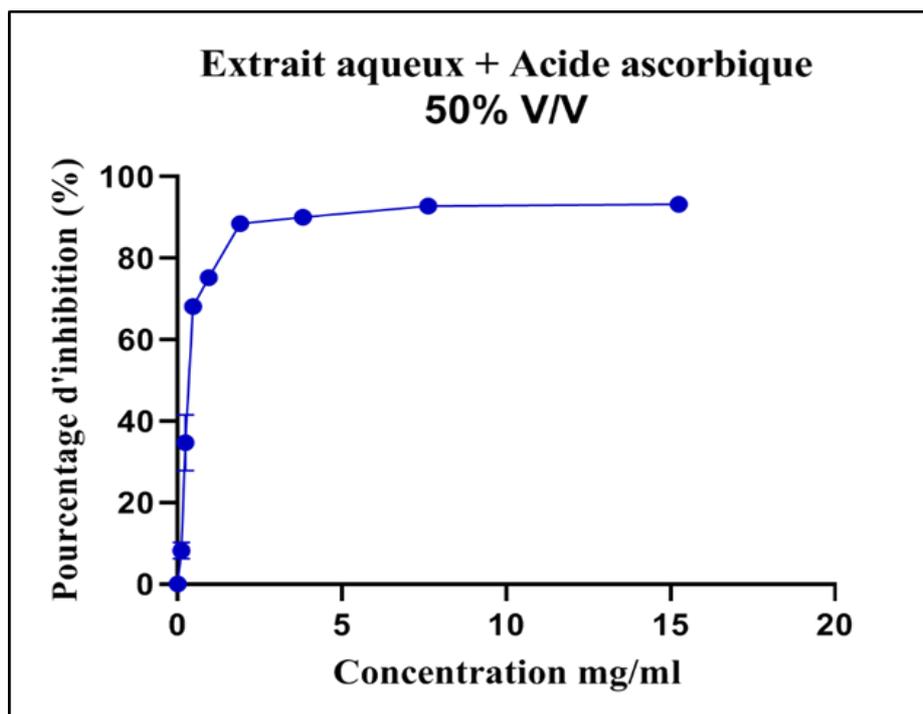


Figure 22 : Activité antioxydant de mélange (extrait aqueux + Acide ascorbique 50% V/V).

L' IC_{50} de l'association de l'extrait aqueux avec l'acide ascorbique 50%V/V est faible ($IC_{50}=0,515 \pm 0,0014$ mg/mL), l'activité antioxydante est donc plus importante que l'effet de l'addition des deux activités séparées.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de mélange d'extrait hydroéthanolique de *Chamaemelum nobile* et l'acide ascorbique (75%-25% V/V).

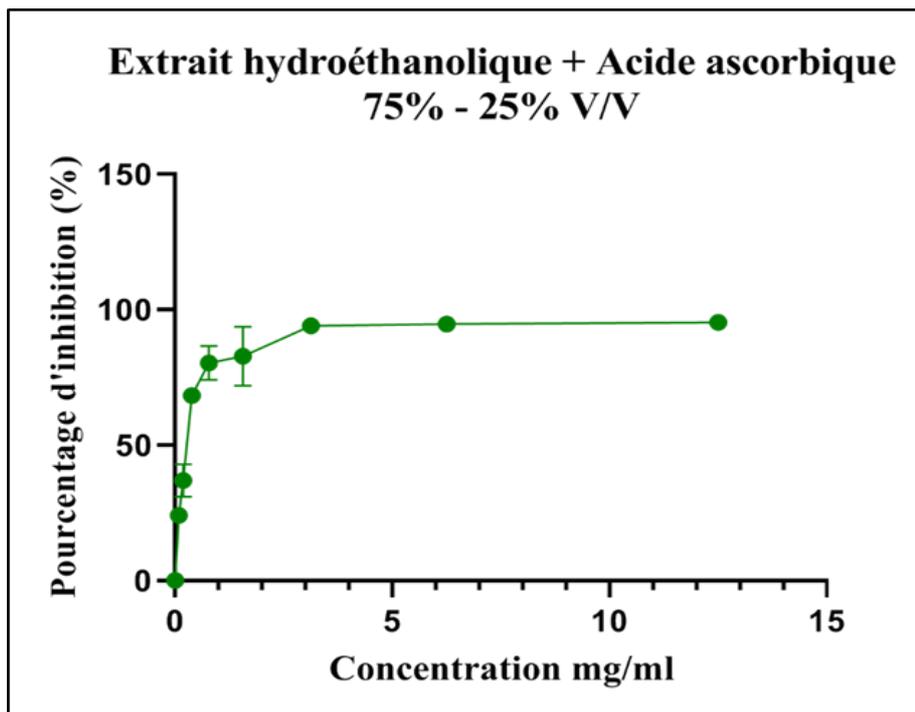


Figure 23 : Activité antioxydant de mélange (extrait hydroéthanolique + Acide ascorbique (75%-25% V/V)).

L'IC₅₀ de l'association de l'extrait hydroéthanolique avec l'acide ascorbique 75%-25% V/V est faible (IC₅₀=0,381±0,02mg/mL), l'activité antioxydante est donc plus importante que l'effet de l'addition des deux activités séparées.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de mélange d'extrait méthanolique de *Chamaemelum nobile* et l'acide ascorbique (75%-25% V/V).

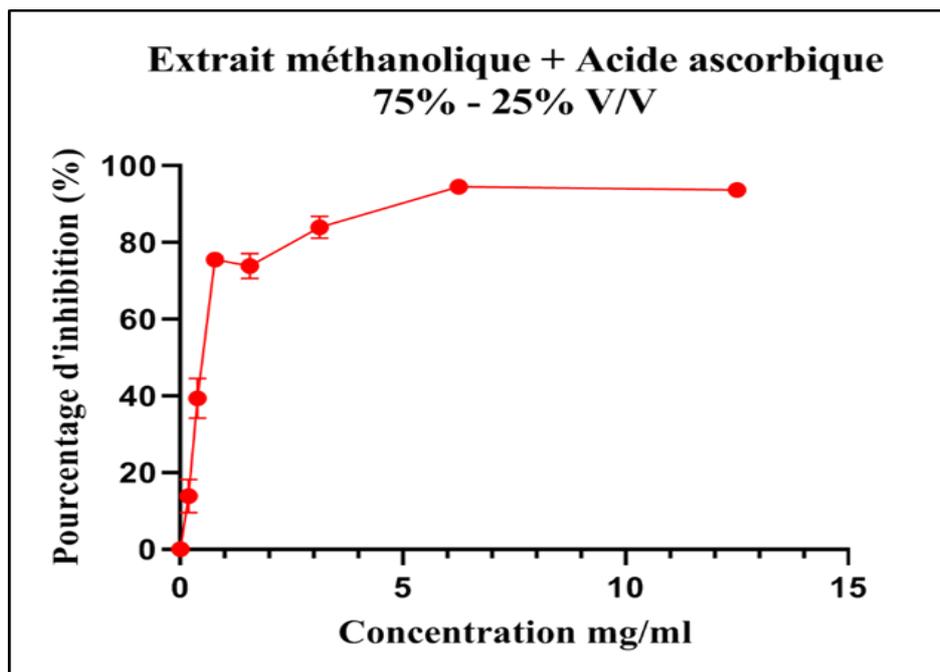


Figure 24 : Activité antioxydante de mélange (extrait méthanolique + Acide ascorbique (75%-25% V/V)).

L' IC_{50} de l'association de l'extrait méthanolique avec l'acide ascorbique 75%-25% V/V est faible ($IC_{50}=0,660\pm 0,075$ mg/mL), l'activité antioxydante est donc plus importante que l'effet de l'addition des deux activités séparées.

La figure ci-dessous présente la relation entre le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH et la concentration de mélange d'extrait aqueux de *Chamaemelum nobile* et l'acide ascorbique (75%-25% V/V).

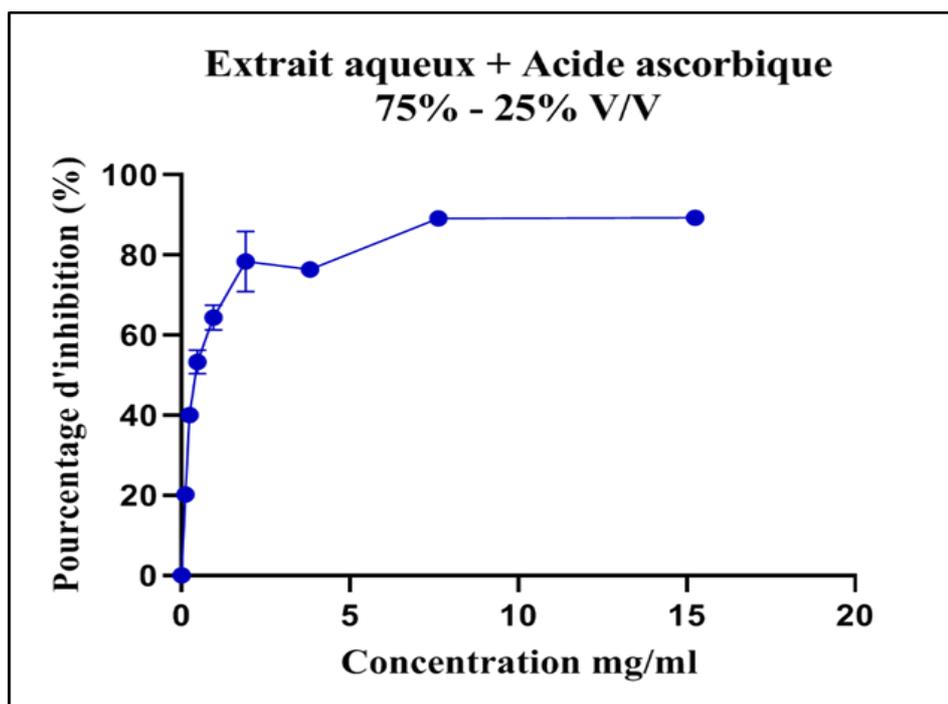


Figure 25 : Activité antioxydante de mélange (extrait aqueux + Acide ascorbique (75%-25% V/V)).

L' IC_{50} de l'association de l'extrait aqueux avec l'acide ascorbique 75%-25% V/V est faible ($IC_{50}=0,595\pm 0,0038$ mg/mL), l'activité antioxydante est donc plus importante que l'effet de l'addition des deux activités séparées.

Les valeurs de l'IC₅₀ des combinaisons étudiées sont indiquées dans le tableau IV.

Tableau IV : les valeurs de l'IC₅₀ des mélanges (Extraits + Acide ascorbique).

Composés	IC ₅₀ (mg/mL)	
	50% Extrait- 50% Acide ascorbique V/V	75% Extrait- 25% Acide ascorbique V/V
E. hydroéthanolique + A. ascorbique	0,359±0,006	0,381±0,02
E. méthanolique + A. ascorbique	0,707±0,003	0,660±0,075
E. aqueux + A. ascorbique	0,515±0,0014	0,595±0,038

En se basant sur les résultats obtenus, l'association des extraits de *Chamaemelum nobile* avec l'acide ascorbique a entraîné un effet synergique par des valeurs d'IC₅₀ inférieures à celles obtenues par l'addition des deux activités séparées.

Plusieurs études antérieures ont également rapporté l'effet synergique entre les antioxydants synthétiques et les produits naturels.

Une étude récente menée par **Jahić et al (2021)** a mis en évidence les effets synergiques de la combinaison de la vitamine C avec des polyphénols extraits de plantes tels que le resvératrol et la curcumine. Cette combinaison a démontré une réduction significative de la croissance des cellules cancéreuses hépatiques.

Les études menées par **Jain et al (2011)** ont également révélé que l'association de la vitamine C avec des extraits de plantes riches en antioxydants contribue à neutraliser les radicaux libres et à atténuer les dommages induits par le stress oxydatif.

La synergie antioxydante entre la vitamine C et les extraits de plantes peut avoir de nombreuses applications bénéfiques pour la santé. Voici quelques exemples courants :

- Protection contre les maladies neurodégénératives :

La combinaison de vitamine C et d'extraits de plantes riches en antioxydants pourrait être bénéfique dans la prévention des maladies neurodégénératives. Ces composés peuvent réduire le stress oxydatif, protéger les neurones et améliorer la fonction cognitive (**Joseph et al., 2009**).

- Renforcement du système immunitaire :

La vitamine C est bien reconnue pour ses effets positifs sur le système immunitaire, et certains extraits de plantes peuvent également stimuler la réponse immunitaire. L'association de ces deux composés peut renforcer les défenses naturelles du corps et d'améliorer sa capacité à résister aux infections (**Carr et Maggini, 2017**).

- Prévention du vieillissement cutané :

L'association de la vitamine C et des extraits de plantes peut avoir des effets synergiques sur la peau. Ils peuvent stimuler ensemble, la production de collagène, renforcer les défenses antioxydantes de la peau et améliorer son apparence globale (**Pullar et al., 2017**).

Conclusion
Et
Perspectives

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans le contexte de la valorisation des plantes aromatiques et médicinales, et notre objectif principal était d'explorer l'activité antioxydante de la camomille romaine (*Chamaemelum nobile*). À cette fin, nous avons préparé trois types d'extraits : extrait méthanolique, extrait aqueux et extrait hydroéthanolique.

Différents solvants utilisés lors de l'extraction des fleurs de la plante ont produit des rendements et des caractéristiques variables. Parmi ces solvants, l'extrait aqueux a affiché le rendement le plus élevé, atteignant un pourcentage de 31,05% par rapport aux autres solvants.

L'évaluation quantitative des polyphénols et des flavonoïdes totaux dans les différents extraits a permis de conclure que la plante étudiée représente une source prometteuse de ces composés. Les résultats ont révélé que l'extrait hydroéthanolique est celui qui présente la plus grande concentration en polyphénols et en flavonoïdes. Ces observations mettent en évidence l'importance de cet extrait en tant que source privilégiée de ces composés bioactifs bénéfiques pour la santé.

Depuis un certain nombre d'années, les polyphénols ont suscité un intérêt croissant de la part des nutritionnistes, des acteurs de l'industrie agroalimentaire et des consommateurs. L'une des raisons principales qui expliquent cet intérêt croissant est la reconnaissance des propriétés antioxydantes des polyphénols, ainsi que leur implication potentielle dans la prévention de diverses maladies liées au stress oxydatif.

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante à l'aide de la méthode de piégeage du radical libre DPPH ont révélé une activité antioxydante variable parmi les extraits testés. L'extrait hydroéthanolique a présenté la plus grande activité antioxydante, avec un IC_{50} de $0,665 \pm 0,003$ mg/mL. Ensuite, l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux ont également montré une activité antioxydante, mais à des niveaux inférieurs.

L'étude de l'effet de synergie a révélé que le mélange des extraits de *Chamaemelum nobile* avec l'acide ascorbique a produit un effet synergique.

Enfin, Les résultats obtenus soulignent la présence significative de composés phénoliques dans *Chamaemelum nobile* (L), ces résultats mettent en évidence l'importance de l'utilisation de cette plante en médecine locale, où il peut être utilisé sous forme d'une préparation simple et naturelle à la fois anti-inflammatoire et antimicrobienne. La présence abondante de composés phénoliques dans cette plante en fait un choix intéressant pour des applications médicinales traditionnelles, offrant ainsi une alternative aux produits pharmaceutiques synthétiques. L'utilisation de cette préparation « fait-maison » pourrait être une approche prometteuse pour traiter diverses affections tout en tirant parti des propriétés naturelles de *Chamaemelum nobile* (L).

Perspectives

À la vue de ces résultats, il sera intéressant dans le futur de :

- **Domaine de la santé et du bien-être** : En raison de son activité antioxydante, la camomille romaine peut être utilisée dans des produits pharmaceutiques, des suppléments nutritionnels ou des formulations cosmétiques pour favoriser la santé.
- **Industrie alimentaire** : Les extraits de camomille romaine pourraient être utilisés comme additifs naturels dans les aliments et les boissons pour leur potentiel antioxydant. Ces technologies pourraient contribuer à augmenter la durée de conservation des aliments tout en offrant des bienfaits pour la santé.
- **Agriculture durable** : La culture de la camomille romaine peut être envisagée comme une culture durable pour diverses raisons. Elle nécessite peu d'intrants chimiques, ce qui se traduit par une réduction de l'impact environnemental. De plus, ses propriétés antioxydants pourraient être bénéfiques pour les plantes elles-mêmes en les protégeant contre les dommages oxydatifs causés par des conditions environnementales stressantes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques**A**

- Abderrahim, B. (2021). Etude phytochimique et activités antioxydante et hépato protectrice des extraits de *Thymus pallidus*.
- Achat, S. (2013). Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de Doctorat. Université d'Avignon, 7p.
- Ahmad, P., Jaleel, C. A., Salem, M. A., Nabi, G., & Sharma, S. (2010). Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. *Critical reviews in biotechnology*, 30(3), 161-175.
- Ahmad, R., Hussain, S., Anjum, M. A., Khalid, M. F., Saqib, M., Zakir, I., ... & Ahmad, S. (2019). Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. *Plant abiotic stress tolerance : Agronomic, molecular and biotechnological approaches*, 191-205.
- Aichaoui, S et Abeoube, H. (2019). Etude phytochimique et activité biologique des extraits de l'espèce *Lavandula angustifolia* Mill. Dans la région Est d'Algérie (Batna). Mémoire de Magister, Université de M'sila, 12p.
- Akbar, S. (2020). *Chamaemelum nobile* (L.) All. (Asteraceae/Compositae). *Hand book of 200 medicinal plants*, 593-599.
- Al-Dabbagh, B., Elhaty, I. A., Elhaw, M., Murali, C., Al Mansoori, A., Awad, B., & Amin, A. (2019). Antioxidant and anticancer activities of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *BMC research notes*, 12(1), 1-8.
- Ali-Rachedi F, Meraghni S, Touaibia N, Mesbah S. (2018). Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L. *Bulletin de la société royale des sciences de liège*.
- Al-Snafi, AE. (2016). Medical importance of *Anthemis nobilis* (*Chamaemelum nobilis*). *Asian journal of pharmaceutical science & technology*. 6(2), 89-95.

B

- Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunete C., Dine T., Vasseur J., Gazin J., Pinkas M. & Luycky M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts of phenolic extracts from haworthon fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung* 46, 1086-1089.
- Barreda, VD, Palazzesi, L., Tellería, MC, Olivero, EB, Raine, JI et Forest, F. (2015). Évolution précoce du clade des angiospermes Asteraceae dans le Crétacé de l'Antarctique. *Actes de l'Académie nationale des sciences*, 112 (35), 10989-10994.

- Bellakhdar J., 2006. Plantes médicinales au Maghreb et soins de base, Précis de Phytothérapie Moderne. Editions Le Fennec. Casablanca, Maroc. 385p. Pp : 32-210.
- Benammar, c. e. (2011). Effets antioxydants et immun modulateurs d'une plante médicinale nord-africaine, zizyphus lotus l. (sedra) : étude des différents extraits (doctoral dissertation).
- Boizot N. and Charpentier.J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. Le cahier des techniques de l'Inra. Pp 79-82. (Cited in DjemaiZoueglache S, 2008).
- Borges, L. L., Alves, S. F., Sampaio, B. L., Conceição, E. C., F. Bara, M. T. and Paula, J. R. (2013). Environmental factors affecting the concentration of phenolic compounds in *Myrcia tomentosa* leaves. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(2), 230-238.
- Bouden, I. (2018) Etude de l'activité antiarthritique, antioxydante et antimicrobienne des extraits de *Matricaria pubescens*. Thèse de Doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1, 46-51p.
- Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology*, (9), 14.

C

- Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. *Nutriments*, 9(11), 1211.
- Chebil, L., Humeau, C., Anthoni, J., Dehez, F., Engasser, JM, & Ghoul, M. (2007). Solubilité des flavonoïdes dans les solvants organiques. *Journal des données chimiques et d'ingénierie*, 52 (5), 1552-1556.

D

- Daoudi, A., Sabiri, M., Bammou, M., Zair, T., Ibijbjen, J., & Nassiri, L. (2015). Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica* : *Urtica urens* L., *Urtica membranacea* Poiret et *Urtica pilulifera* L. *Journal of Applied Biosciences*, 87, 8094-8104.
- Das, K., & Roychoudhury, A. (2014). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in environmental science*, 2, 53.

- DEES, I. T. E. N. F. R. (2021). Antioxydants : ennemis des radicaux libres.
- Dembele, D. L., Diarra, M. L., Sanou, M., Haidara, M., & Sanogo, R. (2023). Etude pharmacog nostique et activité antiradicalaire des fruits de *Dichrostachysglomerata* et de *Gardeniaternifolia*, utilisées contre l’asthme au Mali. *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, 21(2), 20-28.
- Descamps, E., Gelé, P., Bordet, R., & Vamecq, J. (2006). Modulation pharmacologique du stress oxydatif. *La Lettre du pharmacologue*, 20(4), 107-108.
- Dezso C., 2011. Assessment report on *Chamaemelum nobile* L. All. flos, Committee on Herbal Medicinal Products. 19p.
- Dieng, S. I. M., Fall, A. D., Diatta-Badji, K., Sarr, A., Sene, M., Sene, M., ... & Bassene, E. (2017). Evaluation de l’activité antioxydante des extraits hydro-ethanoliques des feuilles et écorces de *Piliostigma thonningii* Schumach. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 768-776.
- Djeddi, S., Yannakopoulou, E., Papadopoulos, K., &Skaltsa, H. (2015). Activités anti-radicalaire de l'huile essentielle et des extraits bruts de *Thymus numidicus* Poiret., Algérie. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(2), 58-65.
- Dubois-Deruy, E., Peugnet, V., Turkieh, A., & Pinet, F. (2020). Oxydative stress in cardiovascular diseases. *Antioxydants*, 9(9), 864.

E

- Erdman W.J., Balentine D., Arab L., Beecher G., Dwyer J.T., Folts J., Harnly J., Hollman P., Keen C.L., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. et Burrowes J. (2007). Flavonoids and Heart Health: Proceedings of the ILSI North America Flavonoids Workshop, May 31-June 1, 2005, Washington, DC1–4 *The Journal of Nutrition*, 137(3), 718S-737S.

G

- Geagea, A-G. (2012). La tisane de camomille bénéfices multiples pour la santé, *Human and Health*, 20, 60p.
- Gnansounou, S. M. (2019). Etude des activités anti-inflammatoire, antioxydante et screening par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse d’extraits éthanoliques de

trois fabacées du Bénin: isolement de molécules bioactives (Doctoral dissertation, Aix-Marseille).

-Green, R.J. (2004). Antioxydant activity of peanut plant tissues. Thèse de Doctorat en Science, university of North Carolina, USA.

H

-Habellah, R. M., Karoune, S., Kechebar, M. S. A., & Bounab, H. (2016). Etude des composés phénoliques et des activités antioxydantes de l'Acacia ehrenbergiana de la région de Tindouf. Journal Algérien des Régions Arides (JARA) No, 13(1).

-Habibou, H. H., Idrissa, M., Ikhiri Khalid, P., & Benjamin, O. (2019). Activité Antioxydante des Extraits Méthanoliques de Différents Organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. European Scientific Journal, 15(12), 159-171.

-Hadj Mohamed, K., Ayedi, S. S., Ayedi, S., Bousnina, H., Haddad, M. (2021) *Matricaria*; L.: Phytochemical characterization, biological activities and possibility of application in biological control. Journal of new sciences; 83 (1), 4789-4797

-Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. Revue médicale de Liège, 62(10).

-Harkati, B., & Akkal, S. (2017). Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille asteraceae.

-Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., ... & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, 9(8), 681. hépatoprotectrice des extraits de *Thymus pallidus*.

-Hoekou, Y. P., Tchacondo, T., Gbogbo, A. K., Agban, A., Pissang, P., Atakpama, W., ... & Akpagana, K. (2016). Activités antimicrobiennes de *Parquetina nigrescens* (Afzel.) Bullock, une plante utilisée en médecine traditionnelle togolaise dans le traitement des infections microbiennes. *Afrique Science*, 12(5), 182-188.

I

-Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2018). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria journal of medicine*, 54(4), 287-293.

J

-Jahić Mujkić, A., Tušek Žnidarič, M., Berbić, S., & Žerovnik, E. (2021). Synergy of the inhibitory action of polyphenols plus vitamin C on amyloid fibril formation: case study of human stefin B. *Antioxidants*, 10(9), 1471.

-Jain, D. P., Pancholi, S. S., & Patel, R. (2011). Synergistic antioxidant activity of green tea with some herbs. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 2(3), 177.

-Joseph, J. A., Shukitt-Hale, B., & Willis, L. M. (2009). Grape juice, berries, and walnuts affect brain aging and behavior. *The Journal of nutrition*, 139(9), 1813S-1817S.

K

-Kenoufi, M. (2018). Caractérisation histologique, caryologique, phytochimique et activités biologiques de *Senecio giganteus* Desf et *S. jacobaea* L. Thèse de Doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1, 5p.

L

-Labrousse, P. Les Astéracées : description botanique, biologique et étude de plante médicinales et toxiques. (2019). Thèse de Doctorat. Université de Limoges, 59-61p.

-Lagnika, L. (2005). Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises. France/Bénin: Université Louis Pasteur Starsbourg/Université d'Abomey Calavi, 280.

-Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3), 771-776.

M

-Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.

-Madi, A. (2018). Caractérisation phytochimique et évaluation des activités biologiques de *Cleome arabica*. Thèse de Doctorat. Université Des Frères Mentouri. Constantine 1, 11p.

-Martin, C., Vallet, B., & Riou, B. (2017). Physiologie humaine appliquée (2e édition). Arnette-John Libbey Eurotextmédecine/sciences, 27(4), 405-412.

-Migdal, C., & Serres, M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant.

-Mirunalini, S. krishnaveni M. (2011). Coumarin: A Plant Derived Polyphenol with wide Biomedical Applications. International Journal of Pharm Tech Research, 3(3), 1693-1696.

N

-Nelly, C-B. Price en charge des douleurs articulaires par aromathérapie et phytothérapie. (2013). Thèse de Doctorat. Université Toulouse III Paul Sabatier, ,192p.

-Nofita, S. D., Ngibad, K., & Rodli, A. F. (2022). Determination of percentage yield and total phenolic content of ethanol extract from purple passion (*Passiflora edulis f. edulis Sims*) fruit peel. Jurnal Pijar Mipa, 17(3), 309-313.

-Noichri, Y. (2016). Stress oxydant et infarctus du Myocarde (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay (ComUE)).

O

-Omidbaigi, R., Sefldkon, F., & Kazemi, F. (2003). Roman chamomile oil: Comparison between hydro-distillation and supercritical fluid extraction. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6(3), 191–194.

-Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ...& amp ; Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15(2), 750-772.

-Oullai, L et Chamek, C. (2018). Contribution à l'étude ethnopharmacognosique des plantes médicinales utilisées pour le traitement des affections de l'appareil digestif en Kabylie. Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri, 13,23p.

-Ozcan, A., & Ogun, M. (2015). Biochemistry of reactive oxygen and nitrogen species. Basic principles and clinical significance of oxidative stress, 3, 37-58.

P

- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2010). Markers of oxidative stress in erythrocytes and plasma during aging in humans. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 3(1), 2-12.
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science : IJBS*, 4(2), 89.
- Pierre, M et Lys, M. (2007). *Secrets des plantes*, Editions : Artemis, France. 463p.
- Pillonel, N., Fischer, S et Baroffio, C. (2012). Origine du dépérissement de la camomille romaine. *Plantes aromatiques et médicinales. Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 44 (4) : 234–241.
- Poljsak, B., Šuput, D., & Milisav, I. (2013). Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013.
- Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. (2017). The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients*, 9(8), 866.

Q

- Quezel, P et Santa, S., (1963). *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, Tome II. Edition du centre national de la Recherche scientifique. Paris. 788 p.

R

- Rahmani, Z. (2015). *Etude de la relation structure-activité antioxydante et antihémolyse des érythrocytes humains par quelques dithiolethiones et composés phénoliques*. Doctorat. Université Kasdi Merbah.
- Rolnik, A., & Olas, B. (2021). The plants of the Asteraceae family as agents in the protection of human health. *International journal of molecular sciences*, 22(6), 3009.

S

- Sándor, Z MD. (2019). *Effects of Transient Receptor Potential Ankyrin 1 (TRPA1) receptor agonists and the Roman chamomile on human and rodent isolated smooth muscle organ preparations*. Thèse de Doctorat. Université de Pécs, 7p.

-Sándor, Z., Mottaghipisheh, J., Veres, K., Hohmann, J., Bencsik, T., Horváth, A., ... Csupor, D. (2018). Evidence Supports Tradition: The in Vitro Effects of Roman Chamomile on Smooth Muscles. *Frontiers in Pharmacology*, 9.

-Sepahpour, S., Selamat, J., Abdul Manap, MY, Khatib, A. et Abdull Razis, AF (2018). Analyse comparative de la composition chimique, de l'activité antioxydante et de la caractérisation quantitative de certains composés phénoliques dans des herbes et des épices sélectionnées dans différents systèmes d'extraction par solvant. *Molécules*, 23 (2), 402.

-Sharifi-Rad, M., Anil Kumar, N. V., Zucca, P., Varoni, E. M., Dini, L., Panzarini, E., ... & Sharifi-Rad, J. (2020). Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: back and forth in the path physiology of chronic diseases. *Frontiers in physiology*, 11, 694.

-Sies, H. (2020). Oxidative stress: Concept and some practical aspects. *Antioxidants*, 9(9), 852.

-Sonam, K. S., & Guleria, S. (2017). Synergistic antioxidant activity of natural products. *Ann.Pharmacol. Pharm*, 2(8), 1-6.

T

-Tanase, C., Coșarcă, S. et Muntean, DL (2019). Une revue critique des composés phénoliques extraits de l'écorce des plantes vasculaires ligneuses et de leur activité biologique potentielle. *Molécules*, 24 (6), 1182

-Teixeira, J., Gaspar, A., Garrido, EM, Garrido, J. et Borges, F. (2013). Antioxydants de l'acide hydroxycinnamique : un aperçu électrochimique. *Recherche BioMed internationale*, 2013.

-Thorin-Trescases, N., Voghel, G., Farhat, N., Drouin, A., Gendron, M. È., & Thorin, É. (2010). Âge et stress oxydant-Vers un déséquilibre irréversible de l'homéostasie endothéliale. *Médecine/sciences*, 26(10), 875-880.

V

-Valko., Leibfritz, D, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39(1), 44-84.

-Verbois, S., (2003). Plantes et herbes aromatiques. Saveurs et vertus les jardins du bien-être, édition Fernand Lanore, Paris, 234p.

-Viera, W., Shinohara, T., Samaniego, I., Sanada, A., Terada, N., Ron, L., ... & Koshio, K. (2022). Composition phytochimique et activité antioxydante de *Passiflora* spp. Germoplasme cultivé en Equateur. *Plantes*, 11 (3), 328.

W

-Wichtl M. et Anton R., 2003. Plantes thérapeutiques, tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Ed, EMInter/Tec & Doc, Paris. Pp : 369-73.

-Wu, D. T., Nie, X. R., Shen, D. D., Li, H. Y., Zhao, L., Zhang, Q., ... & Qin, W. (2020). Phenolic compounds, antioxidant activities, and inhibitory effects on digestive enzymes of different cultivars of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Molecules*, 25(6), 1276.

Z

-Zerargui, F. (2018). Activité antioxydante des extraits de racines *Tamus communis* L. et caractérisation des substances bioactives (Doctoral dissertation).

-Zhang, H., & Tsao, R. (2016). Polyphénols alimentaires, stress oxydatif et effets antioxydants et anti-inflammatoires. *Opinion actuelle en science alimentaire*, 8, 33-42.

-Zhao, J., Khan, S. I., Wang, M., Vasquez, Y., Yang, M. H., Avula, B., Khan, I. A. (2014). Octulosonic Acid Derivatives from Roman Chamomile (*Chamaemelum nobile*) with Activities against Inflammation and Metabolic Disorder. *Journal of Natural Products*, 77(3), 509–515.

Annexes

Annexe 01

✚ Les réactifs :

- * Trichlorure d'aluminium AlCl_3
- * Quercétine
- * Réactif de Folin–Ciocalteu
- * Carbonate de sodium Na_2CO_3
- * Acide gallique
- * DPPH (2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl)
- * Acide ascorbique
- * Méthanol
- * Ethanol absolu 96%

✚ Les étapes de préparation de quelques réactifs :

- **DPPH (2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl)** : 2.4 mg de poudre de dpph+ 100mL de méthanol.
- **Trichlorure d'aluminium AlCl_3 , 2%** : 2g de poudre de AlCl_3 +100 mL de l'éthanol.
- **Quercétine** : 10mg de poudre de Quercétine +10 mL d'éthanol.
- **Réactif de Folin–Ciocalteu 10%** : 1mL de Folin–Ciocalteu a été mise dans 9 mL de l'eau distillée.
- **Carbonate de sodium Na_2CO_3 7, 5%** : 7,5g de poudre de Na_2CO_3 à été mise dans 100 mL de l'eau distillée.
- **Acide gallique** : 10mg de poudre d'Acide gallique a été mise dans 10 ml de l'eau distillée.

✚ Les étapes de préparation de quelques solvants

- **Ethanol 70%** :

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$96\% V_1 = 70\% * 200\text{mL}$$

$$V_1 = 70 * 200 / 96 = 145\text{mL}$$

Compléter à 200ml avec l'eau distillée.

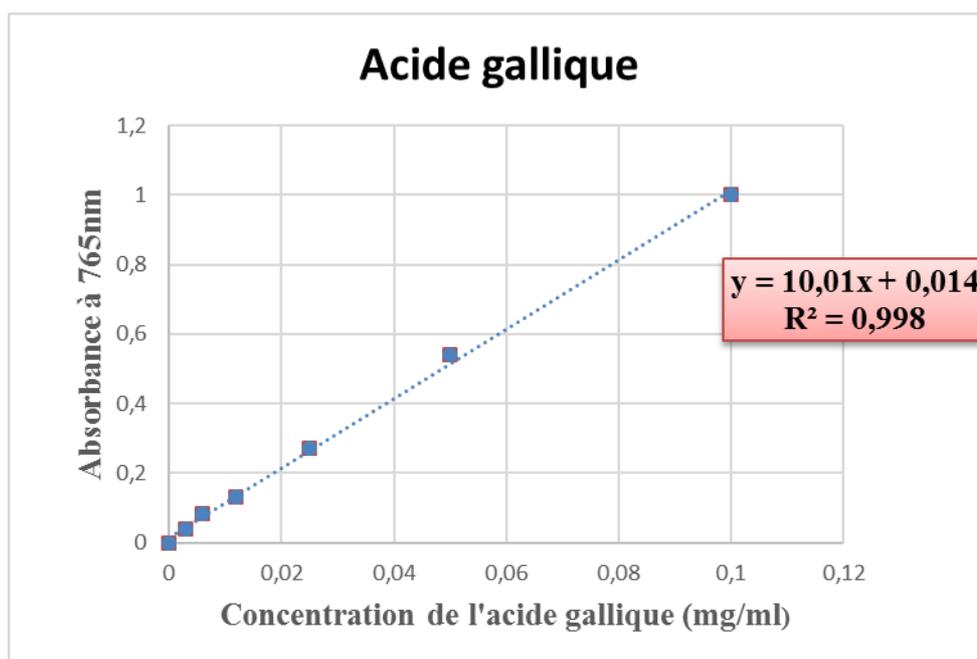
Annexe 02 : les courbes d'étalonnage

Figure 02 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique utilisé dans le dosage des polyphénols totaux.

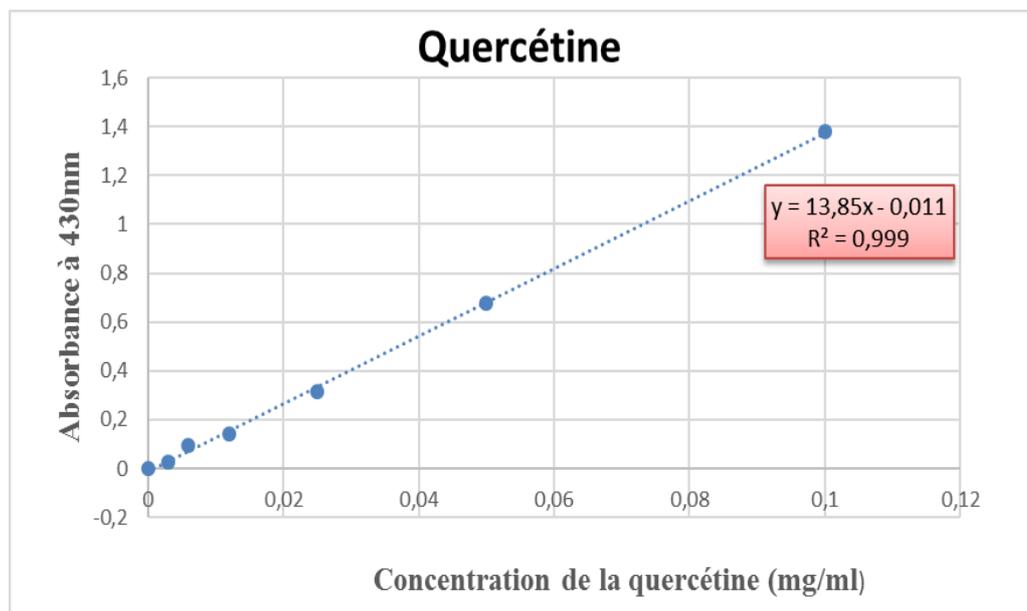


Figure 03 : Courbe d'étalonnage de la quercétine utilisé dans le dosage des Flavonoïdes.

Annexe 03 : les résultats

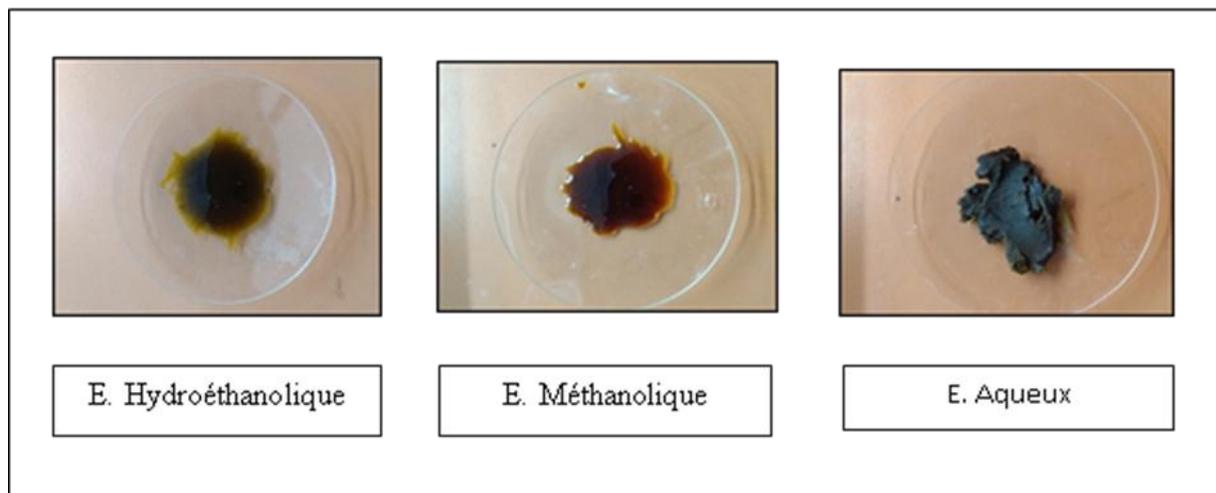


Figure 4 : les extraits de *chamaemelum nobile* obtenus après l'évaporation.



Avant l'ajoute de
l'extrait

Figure 5 : Résultats du dosage des flavonoïdes.

Après l'ajoute de
l'extrait

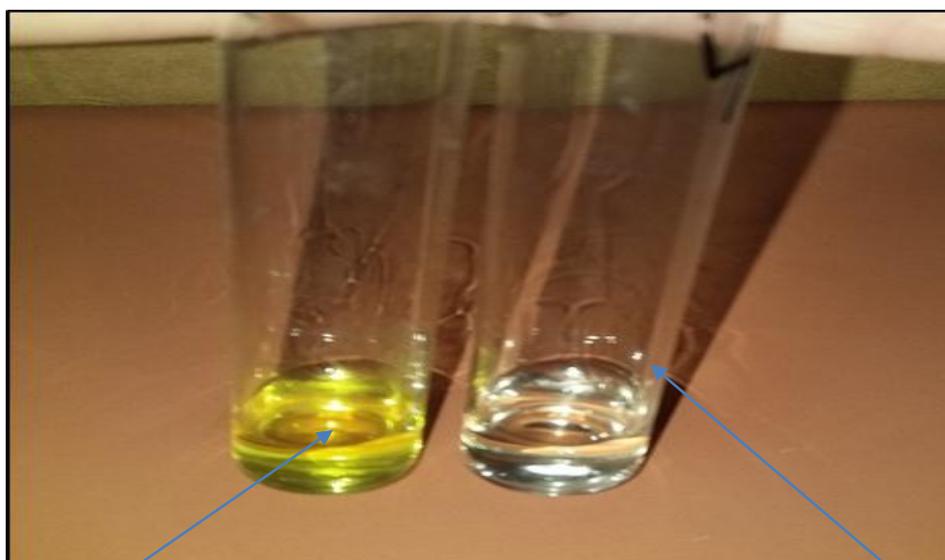


Figure 6 :Résultats de dosage des composés phénoliques.

Avant l'ajoute
de l'extrait

Après l'ajoute
de l'extrait

Résumé

La camomille (*Chamaemelum nobile*) est une plante herbacée vivace de la famille des Astéracées. Elle est employée en usage culinaire, médicinal, et cosmétique. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique, aqueux et hydroéthanolique des fleurs de cette plante médicinale et de comparer le pourcentage des flavonoïdes et les polyphénols des extraits que nous avons obtenus par macération. Les analyses ont montré que l'extrait hydroéthanolique est plus riche en polyphénols à $0,081 \pm 0,0016$ mg EAG/mg suivi par l'extrait méthanolique $0,054 \pm 0,0055$ mg EAG /mg, ensuite l'extrait aqueux qui ne contient que $0,0197 \pm 0,0015$ mg EAG /mg d'extrait. Ainsi que des teneurs considérables en flavonoïdes : $0,052 \pm 0,0015$ mg EQ/mg pour l'extrait hydroéthanolique suivi par l'extrait méthanolique $0,048 \pm 0,0037$ mg EQ/mg, alors que l'extrait aqueux contient une faible teneur en flavonoïdes $0,0117 \pm 0,0015$ mg EQ/mg. L'évaluation de l'activité antioxydants des extraits de la camomille par le test DPPH qui nous a montré une bonne activité de l'extrait de hydroéthanolique ($IC_{50} = 0,665 \pm 0,003$ mg/ml) suivi de l'extrait méthanolique ($IC_{50} = 1,264 \pm 0,041$ mg/ml) et à la fin l'extrait aqueux ($IC_{50} = 4,592 \pm 0,205$ mg/ml). Enfin, l'étude de l'effet de synergie entre les différents extraits de l'espèce étudiée et l'acide ascorbique a été également démontrée. L'activité antioxydante synergique peut prévenir ou traiter diverses maladies causées par les dommages oxydatifs et également protéger les aliments de l'oxydation et de la contamination microbienne réduisant ainsi les effets secondaires causés par l'utilisation excessive d'antioxydants synthétiques.

Mots clés : Polyphénols, flavonoïdes, DPPH, activité antioxydante, acide ascorbique, *Chamaemelum nobile*.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the antioxidant activity of the methanolic, aqueous and hydroethanolic extracts of the flowers of the medicinal plant "Chamaemelum nobile" and to compare the percentage of flavonoids and polyphenols of the extracts that we obtained by maceration. The analyzes showed that the hydroethanolic extract is richer in polyphenols at 0.081 ± 0.0016 mg EAG/mg followed by the methanolic extract 0.054 ± 0.0055 mg EAG/mg, then the aqueous extract which contains only 0.0197 ± 0.0015 mg EAG/mg extract. As well as considerable flavonoid contents: 0.052 ± 0.0015 mg EQ / mg for the hydroethanolic extract followed by the methanolic extract 0.048 ± 0.0037 mg EQ / mg, while the aqueous extract contains a low content of flavonoids 0.0117 ± 0.0015 mg EQ/mg. The evaluation of the antioxidant activity of chamomile extracts by the DPPH test which showed us a good activity of the hydroethanolic extract ($IC_{50} = 0.665 \pm 0.003$ mg / ml) followed by the methanolic extract ($IC_{50} = 1.264 \pm 0.041$ mg/ml) and at the end the aqueous extract ($IC_{50} = 4.592 \pm 0.205$ mg/ml). Finally, the study of the synergistic effect between the different extracts of the species studied and ascorbic acid has also been demonstrated. Synergistic antioxidant activity can prevent or treat various diseases caused by oxidative damage and also protect foods from oxidation and microbial contamination there by reducing side effects caused by excessive use of synthetic antioxidants.

Keywords: Polyphenols, flavonoids, DPPH, antioxidant activity, ascorbic acid, *Chamaemelum nobile*.

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلص الميثانولي والمائي والمائي الإيثانولي للأزهار النبتة الطبية "البابونج الروماني" ومقارنة نسبة الفلافونويد والبوليفينول في المستخلصات التي حصلنا عليها عن طريق النقع. أظهرت التحليلات أن مستخلص الهيدروإيثانول أكثر ثراءً في البوليفينول عند 0.0016 ± 0.081 ملجم EAG /ملجم يليه المستخلص الميثانولي 0.0055 ± 0.054 ملجم / ملجم EAG ، ثم المستخلص المائي الذي يحتوي فقط على 0.0015 ± 0.0197 ملجم EAG / ملجم. بالإضافة إلى محتويات كبيرة من الفلافونويد: 0.0015 ± 0.052 ملجم EQ / ملجم mg لمستخلص الهيدروإيثانول يليه المستخلص الميثانولي 0.0037 ± 0.048 ملجم EQ / ملجم ، بينما يحتوي المستخلص المائي على نسبة منخفضة من الفلافونويد 0.0015 ± 0.0117 ملجم EQ / ملجم. تقييم الفعالية المضادة للأكسدة لمستخلصات البابونج باختبار DPPH الذي أظهر لنا نشاطاً جيداً لمستخلص الهيدروإيثانول ($IC_{50} = 0.665 \pm 0.003$ mg / ml) متبوعاً بالمستخلص الميثانولي ($IC_{50} = 1.264 \pm 0.041$ mg / ml) وفي نهاية المستخلص المائي ($IC_{50} = 4.592 \pm 0.205$ ملجم / مل). أخيراً ، تم أيضاً إثبات دراسة التأثير التآزري بين المستخلصات المختلفة لأنواع المدروسة وحمض الأسكوربيك. يمكن للنشاط المضاد للأكسدة التآزري أن يمنع أو يعالج الأمراض المختلفة التي تسببها الأكسدة وكذلك يحمي الأطعمة من الأكسدة والتلوث الميكروبي وبالتالي تقليل الآثار الجانبية الناجمة عن الاستخدام المفرط لمضادات الأكسدة الاصطناعية.

الكلمات المفتاحية :

نشاط مضاد للأكسدة ، حمض الأسكوربيك ، البابونج الروماني ، DPPH ، البوليفينول ، الفلافونويد ،