

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-chimique
Filière: Sciences Biologiques
Spécialité: Biochimie Fondamentale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

*Optimisation de l'extraction des
extraits phénoliques bruts et l'activité
antioxydante de Chamaemelum nobile*

Présenté par :
M^r Kitoune Islem & M^{lle} Outamazirt Akila
Soutenu le : 26 Juin 2018

Devant le jury composé de :

M^{elle} Ait Ali .D

M^{me} Metrouh-Amir .H

M^{me} Bougoffa-Sadaoui.K

MCB

MCB

MCB

Président

Encadreur

Examineur

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Tout d'abord, on remercie Dieu, le généreux qui a enseigné à l'Homme ce qu'il ne savait pas et aussi nous avoir donnés la force afin d'accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier vivement :

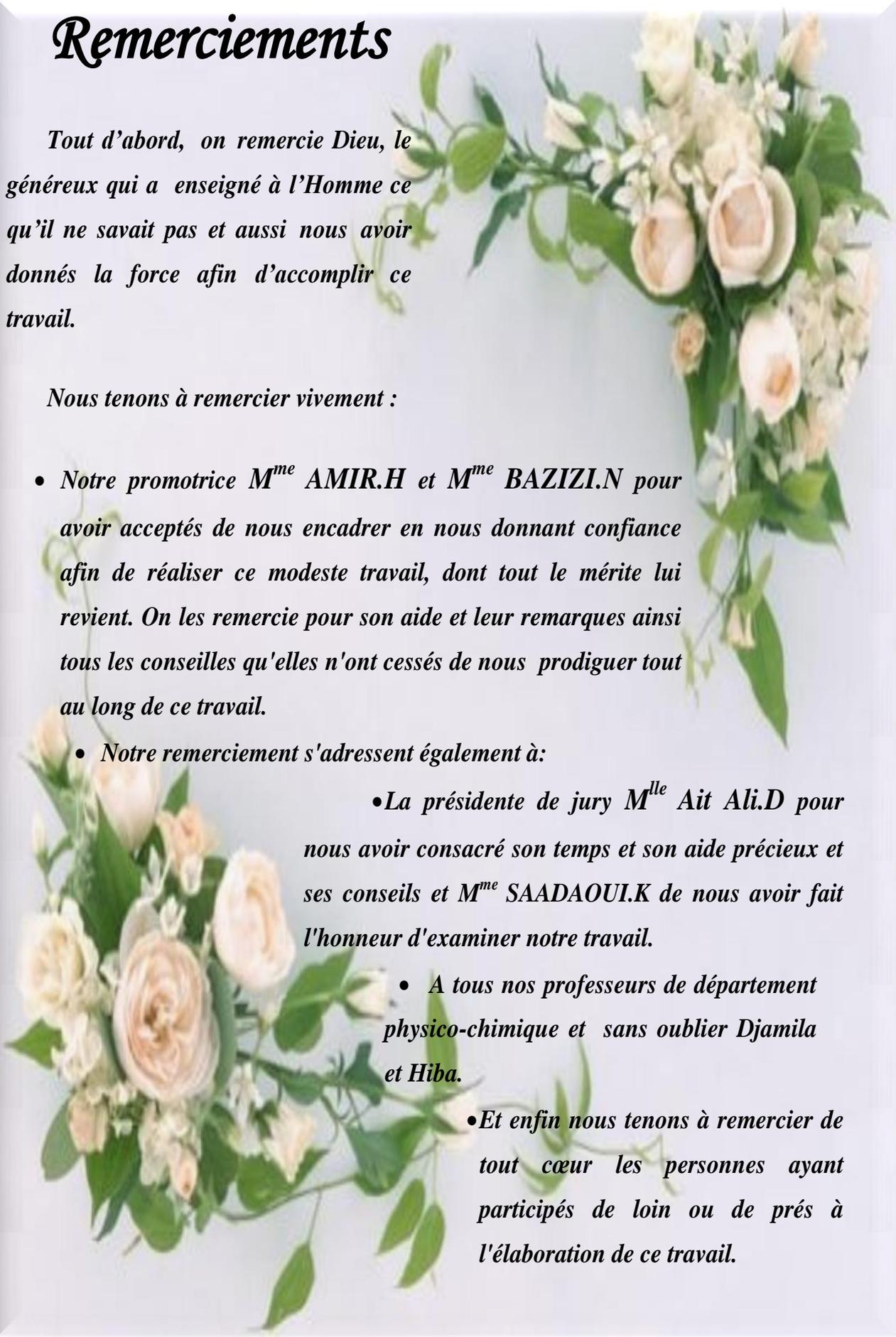
- *Notre promotrice M^{me} AMIR.H et M^{me} BAZIZI.N pour avoir acceptés de nous encadrer en nous donnant confiance afin de réaliser ce modeste travail, dont tout le mérite lui revient. On les remercie pour son aide et leur remarques ainsi tous les conseils qu'elles n'ont cessés de nous prodiguer tout au long de ce travail.*

- *Notre remerciement s'adressent également à:*

- *La présidente de jury M^{lle} Ait Ali.D pour nous avoir consacré son temps et son aide précieux et ses conseils et M^{me} SAADAOUI.K de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.*

- *A tous nos professeurs de département physico-chimie et sans oublier Djamila et Hiba.*

- *Et enfin nous tenons à remercier de tout cœur les personnes ayant participés de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*



Dédicaces

Au terme de toutes ces années d'étude, je dédie ce modeste travail en signe de respect et de remerciement, à ceux qui ont donné un sens à mon existence qui m'ont soutenu jours et nuits durant tout mon parcours.

À vous très chers parents, je vous dis merci pour votre soutien moral et financier et surtout pour vous ma très chère mère pour tous ses sacrifices, sa patience, sa confiance et son amour.

À Mes très chères sœurs chanez et wiwi.

À Mes très chers frères : Riad, faycel, sifdine sidmane, bilel.

À Mes belles sœurs Hassiba et Ahlem

À Mes amis raouf, nouha, zineb, idir, hafite, Anis, sissa, dalia, slimus, doudouche, nabil babana, chanez nora, katto, sissa², maya, tina, biba, zina, soumaya.

À Ma chère binôme Akila et à toute sa famille

À Ma chère amour Imène Brahami

À tout la promotion biochimie fondamentale 2017.

*Il est une autre richesse que celle
de l'or ou
d'argent, c'est l'amour de sa famille
et de ces amies.*

Islam



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À la plus belle créature que Dieu a crée sur terre...

À cette source de tendresse, de

patience et de générosité

À ma chère mère

À mon cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À ma chère sœur Nouara et À mon cher frère

Mohend

À toute ma famille de coté père et mère

*À mes chers amis: Lydia, Merouane,
Naima, Sabrina, Amel, kenza, Lyly, Fati,
Ouerdia, Farida, Abbas.*

Toute la promotion Biochimie fondamentale 2017

*À mon cher binome Islam et à toute sa
famille*

Akila



Sommaire

- Liste d'abréviations
- Liste des figures
- Liste des tableaux

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I : partie bibliographique

I.1. <i>Chamaemelum nobile</i>	02
I.1.1. Description botanique.....	02
I.1.2. Etymologie et appellation.....	03
I.1.3. Classification systématique.....	03
I.1.4. Origine et répartition.....	04
I.1.5. Composition chimique.....	04
I.1.6. Propriétés thérapeutique et médicinale.....	05
I.2. Composés phénoliques.....	06
I.2.1. Généralité.....	06
I.2.2. Structure et classification des composés phénoliques.....	06
I.2.3. Propriétés biologique des composés phénoliques.....	09
I.3. Propriété antioxydante des composés phénoliques.....	10

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Matériel végétale.....	11
II.2. Optimisation des paramètres d'extraction des composés phénoliques.....	11
II.2.1. Effet du diamètre de la poudre.....	11
II.2.2. Effet de la nature du solvant d'extraction.....	11
II.2.3. Effet de la concentration du solvant d'extraction.....	11
II.2.4. Effet du rapport solide-liquide.....	11
II.3. Analyse photochimique.....	12
II.3.1. Dosage des polyphénols totaux.....	12

II.3.2. Dosage des flavonoïdes.....	12
II.3.3. Dosage des tanins.....	12
II.4. Activité antioxydantes.....	13
II.4.1. Mesure de pouvoir réducteur.....	13
II.4.2. Activité réductrice du molybdate.....	13
II.4.3. Activité scavenger de radical DPPH.....	14
II.4.4. Activité scavenger de radical ABTS.....	14
II.5. Etude statistique.....	15

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Effet du diamètre de la poudre.....	16
III.1.1. Extraction des composés phénoliques.....	16
III.1.2. Activité antioxydante.....	18
III.2. Effet du solvant d'extraction.....	21
III.2.1. Extraction des composés phénoliques.....	21
III.2.2. Activité antioxydante.....	25
III.3. Effet de la concentration du solvant d'extraction.....	28
III.3.1.Extraction des composés phénoliques.....	29
III.3.2. Activité antioxydante.....	31
III.4. Effet du rapport solide /liquide.....	35
III.4.1. Extraction des composés phénoliques.....	35
III.4.2.Activité antioxydante.....	38
Conclusion perspectives.....	41
• Références bibliographiques.....	43
• Annexes	
• Glossaire	

Liste des abréviations

ABTS : 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline)-6-sulfonique.

ADN : Acide Désoxyribo Nucléique.

ANOVA : Analysis Of Variance.

DPPH : 1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl.

EAG : Equivalent en Acide Gallique.

EC : Equivalent de Catéchine.

EQ : Equivalent de Quercétine.

ER : Equivalent de la rutine.

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène.

MS : Matière Sèche.

S/L : Solide/liquide.

TAC : Totale Antioxidant Capacity.

Liste des figures

FIGURE	TITRE	PAGE
FIGURE N°1	Photographe originale de la plante <i>Chamaemelum nobile</i> .	02
FIGURE N°2	Planche anatomique de <i>Chamaemelum nobile</i>	03
FIGURE N°3	Structure de base des flavonoïdes.	09
FIGURE N°4	Effets biologiques des polyphénols.	10
FIGURE N°5	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de <i>Chamaemelum nobile</i> .	16
FIGURE N°6	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en flavonoïdes de <i>Chamaemelum nobile</i> .	17
FIGURE N°7	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en tanins condensés de <i>Chamaemelum nobile</i> .	18
FIGURE N°8	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de <i>Chamaemelum nobile</i> .	19
FIGURE N°9	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical ABTS de <i>Chamaemelum nobile</i> .	20
FIGURE N°10	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur le pouvoir réducteur de <i>Chamaemelum nobile</i> .	20
FIGURE N°11	Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur l'activité réductrice du molybdate de <i>Chamaemelum nobile</i> .	21
FIGURE N°12	Effet du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de <i>Chamaemelum nobile</i> .	22
FIGURE N°13	Effet du solvant d'extraction sur la teneur en flavonoïdes des différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i> .	23
FIGURE N°14	Effet du solvant d'extraction sur teneurs en Tanins condensées des différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i> .	24
FIGURE N°15	Effet du solvant d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de <i>Chamaemelum nobile</i> .	25
FIGURE N°16	Effet du solvant d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical ABTS de <i>Chamaemelum nobile</i> .	26
FIGURE N°17	Effet du solvant d'extraction sur pouvoir réducteur des différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i> .	27
FIGURE N°18	Effet du solvant d'extraction sur l'activité réductrice du molybdate de <i>Chamaemelum nobile</i> .	28
FIGURE N°19	Effet de concentration du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de <i>Chamaemelum nobile</i> .	29
FIGURE N°20	Effet de concentration du solvant d'extraction sur la teneur en flavonoïdes de <i>Chamaemelum nobile</i> .	30
FIGURE N°21	Effet de concentration du solvant d'extraction sur la teneur en tanins condensés de <i>Chamaemelum nobile</i> .	31

FIGURE N°22	Effet de concentration du solvant d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de <i>Chamaemelum nobile</i> .	32
FIGURE N°23	Effet de concentration du solvant d'extraction sur l'activité « scavenger » du radical ABTS de <i>Chamaemelum nobile</i> .	33
FIGURE N°24	Effet de concentration du solvant d'extraction sur le pouvoir réducteur de <i>Chamaemelum nobile</i> .	33
FIGURE N°25	Effet de concentration du solvant d'extraction sur l'activité réductrice du molybdate de <i>Chamaemelum nobile</i> .	34
FIGURE N°26	Effet du rapport solide/liquide sur la teneur en composés phénoliques de <i>Chamaemelum nobile</i> .	36
FIGURE N°27	Effet du rapport solide/liquide sur la teneur en flavonoïdes des différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i> .	37
FIGURE N°28	Effet du rapport solide/liquide sur la teneur en Tanins condensés des différents extraits de <i>Chamaemelum nobile</i> .	37
FIGURE N°29	Effet du rapport solide/liquide sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de <i>Chamaemelum nobile</i> .	38
FIGURE N°30	Effet du rapport solide/liquide sur l'activité «scavenger» du radical ABTS de <i>Chamaemelum nobile</i> .	39
FIGURE N°31	Effet du rapport solide/liquide sur le pouvoir réducteur de <i>Chamaemelum nobile</i> .	39
FIGURE N°32	Effet du rapport solide/liquide sur l'activité réductrice du molybdate de <i>Chamaemelum nobile</i> .	40

LISTE DES FIGURES INSERES EN ANNEXE

Annexe I : Courbes d'étalonnages

FIGURE	TITRE
FIGURE N°01	Droite d'étalonnage des composés phénoliques.
FIGURE N°02	Droite d'étalonnage des flavonoïdes.
FIGURE N°03	Droite d'étalonnage des tanins condensés.
FIGURE N°04	Droite d'étalonnage du radical DPPH.
FIGURE N°05	Droite d'étalonnage du pouvoir réducteur

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I	Différents noms vernaculaires de <i>Chamaemelum nobile</i>	03
Tableau II	Composition chimique de la camomille romaine	04
Tableau III	Les différentes catégories de composés phénoliques	07

LISTE DES TABLEAUX INSERES DANS LES ANNEXES

Annexe III : Matériels et produits chimiques utilisés

Tableaux	Titre
Tableau I	Matériels et produits chimiques utilisés dans le laboratoire

INTRODUCTION

L'Homme à toujours chercher à calmer ses maux et à réduire ses souffrances, pour cela, il a utilisé les produits immédiatement à sa portée. Le règne végétal lui fournis en grande partie son alimentation et fut son premier champ d'expérience. Peu à peu, il a appris à discerner les propriétés des plantes, leurs vertus et leurs toxicités (**Pelt, 2008**).

L'utilisation thérapeutique de ces plantes est associée à l'évolution des civilisations. Leur effet thérapeutique dépend de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques. Ainsi de nouvelles techniques ont permis d'extraire de nombreux principes actifs et de mettre en évidence les propriétés pharmacologiques des plantes, qui constituent la source majeure des médicaments (**Rombi, 2007**).

Les radicaux libres, espèces réactives de l'oxygène (ERO), stress oxydatif et antioxydants, deviennent des termes de plus en plus familiers pour les professionnels de la santé et même pour le publique (**Yang et al., 2009**).

Le stress oxydatif est impliqué dans de très nombreuses maladies en faisant apparaître des molécules toxiques et en sur exprimant certains gènes (**Yang et al., 2009**).

Des efforts considérables, lors de ces dernières années, se sont orientés vers l'identification de substances antioxydantes naturelles pouvant lutter contre le stress oxydatif (**Ju et al., 2004**).

La connaissance des composés phénoliques comme des antioxydants naturels est maintenant bien acquise et pour une part à l'origine du regain d'intérêt que l'on porte à ces composés dans différents domaines.

Les composés phénoliques des plantes médicinales tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, et les tannins ont une activité antioxydante qui leur permet d'exercer un rôle protecteur ou thérapeutique contre ces maladies (**Manach et al, 2004**).

Chamamemlum nobile est une plante très utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de plusieurs maladies (Ulcères, eczéma, goutte, brûlures, douleurs rhumatismales et autres affections) (**Al-Snafi, 2016**). Afin de justifier l'utilisation traditionnelle de cette plante, la présente étude est consacrée aux dosages des composés phénoliques et l'optimisation d'extraction de ces derniers ainsi l'évaluation de leur effet antioxydant. La question qui s'impose: « Peut-on considérer la plante *Chamaemelum nobile* comme une source naturelle de composés phénoliques et d'antioxydants ? Et existe-il des paramètres qui influençant sur ces composés ? ».

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. *Chamaemelum nobile*

I.1.1. Description botanique

Chamaemelum nobile est une plante de la famille des astéracées (**Figure 01**). Elle est cependant plus connue par son synonyme *Anthemis nobilis* ou la camomille romaine. C'est une plante herbacée et vivace de 10 à 30 cm de haut, à souche rampante, parfumée. Ses feuilles sessiles de 1 à 5 cm de long sont finement divisées en lobes courts et étroits, elles sont alterne bi à tripennées, Ses tiges sont velues, ramifiées, étalées et radicales. Elles peuvent se terminer par des capitules floraux odorants, solitaires à l'extrémité des rameaux, atteignant 3 cm de diamètre. Ces capitules mesurent de 18 à 25 mm de large, ils sont solitaires, blancs avec un disque de fleurons tubulés jaunes, longuement pédonculés. L'involucre des capitules est réduit à 2 rangs de bractées serrées et imbriquées. C'est de ce capitule qu'est extraite l'huile essentielle, mais la plante entière aurait aussi de grandes vertus (**Pillonel et al., 2012**).



Figure 01 : Photographie originale de la plante *Chamaemelum nobile* (Région d'Akbou).

En effet, les fleurs jaunes tubuleuses du centre, devenues ligulées, stériles et blanches comme celle de la périphérie, elles donnent naissance à la forme horticole et à la variété à fleurs pleines de l'actuelle camomille romaine. Les fruits sont des akènes jaunâtres, petits et côtelés (à 3 stries), de 1 à 1,5 mm de long. La floraison a lieu de juillet à septembre (**Pillonel et al., 2012**).

La plante a une odeur agréable qui est caractéristique et pénétrante. Elle a une saveur amère et aromatique (**Al-Snafi, 2016**).

I.1.2. Etymologie et appellation

La camomille était le nom de cette plante chez les romains, de même que *Chamaemelum*, elle trouve son origine dans le grec chamai, à terre, nain, et mēlon, fruit semblable à une pomme, évoquant la petite taille de certains camomilles, l'aspect de leurs capitules et l'odeur de ces derniers, rappelant la pomme, ou du moins un fruit (**Tableau I**) (Couplan,2000).

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>

I.1.3. Classification systématique

La systématique (selon la **classification de APG3 2009**) de *Chamaemelum nobile* (**Figure 02**) est la suivante :

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



Figure 02: Planche anatomique de *C.nobile*

I.1.4. Origine et répartition

Chamaemelum nobile a été largement distribuée en Asie, Europe, en Afrique et en Amérique nordique (Sharafzadeh et Alizadeh, 2011). Elle est cultivée en :

- ✚ Afrique : L'Algérie, Maroc
- ✚ Europe : L'Irlande, France, Portugal, Espagne, l'Italie, Belgique, l'Allemagne, la Slovaquie, la Suisse ... etc.
- ✚ Australasie : l'Australie, Nouvelle Zélande
- ✚ Amérique nordique : Les Etats-Unis.

En Algérie, *Chamaemelum nobile* est largement distribuée à travers toute la périphérie nord du pays, plus précisément dans la wilaya de Bejaïa dans les régions d'Akbou, Barbacha et Oued-Ghir.

On trouve cette camomille dans les landes herbeuses, les gazons, les bords de route, les talus, sur des sols légers et sableux.

I.1.5. Composition chimique

Les principes actifs de la camomille romaine se trouvent dans ses constituants polyphénoliques qui sont principalement les acides-phénols, les flavonoïdes, les dérivés polyacétyléniques. (Tableau II) (Rombi, 2007) :

Tableau II : Composition chimique de la camomille romaine (Al-Snafi, 2016).

Classe	Constituants hydrophiles	Constituants lipophiles
Flavonoïdes	Glucosides de l'aspigénol Glucosides du lutéolin Chamazméloside Quercétine, apigénine	
Coumarines	scopoletin-7-glucoside	
Les lactones sesquiterpéniques (0.6%)		Germacranolides (nobileine et 3-épinobiline)
Les alcools sesquiterpéniques		
Acides-phénols		Acide anisique Acide vanillique Acide caféique
Composants de l'Huile essentielle (0.6 à 2.4%)		85% d'ester (Angélates, Tiglates) Monoterpènes, pinocarvéol Chamazulène, bisabolol

- La plante renferme une huile essentielle contenant de chamazulène, de la coumarine, des hétérosides flavoniques et des esters d'acide angélique. L'huile de camomille romaine est un liquide jaune pâle, d'odeur douce et fruitée (**Gardiner, 2007**).

I.1.6. Propriétés thérapeutique et médicinal

Chamaemelum nobile est décrite comme une plante médicinale, thérapeutique. Plus communément appelée « Camomille » tout court, la plante est employée en usage culinaire, médicinal (particulièrement en tisane), et en cosmétique (**Pelt, 2008**).

Cette plante à de nombreuses propriétés valorisables, ce qui fait d'elle un sujet d'étude très intéressant (**Srivastava et al., 2010**).

Les effets pharmacologiques de cette plante sont:

- ✚ Pré-anesthésiante autrement dit anesthésie locale: extraction dentaire.
- ✚ Anti-inflammatoire : intéressante pour les neuro arthritiques.
- ✚ Antalgique : très utilisée en dentisterie (névrites ; névralgies).
- ✚ Antiparasitaire : sur les lamblias et les ankylostomes.
- ✚ Antispasmodique: spasmophilie.
- ✚ Antidépresseur: très efficace pour le traitement de l'angoisse, des troubles du sommeil.

I.2. Composés phénoliques

I.2.1. Généralités

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux de ce fait peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes, leur poids moléculaires compris entre 500 à 3000 Dalton. Les polyphénols constituent un groupe complexe de substances, dont l'élément structural fondamental, qui les caractérisent, est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle libre ou engagé dans une autre fonction éther, ester ou hétéroside (Bruneton, 2009).

Ils peuvent constituer des signaux de reconnaissance entre les plantes, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes ; participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés. D'un point de vue thérapeutique, ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on trouve dans les plantes médicinales. La structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés). Avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées (Bruneton, 2009).

I.2.2. Structures et classifications des composés phénoliques :

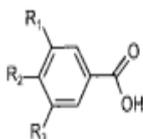
Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes qui se différencient par (Tableau III) (Manach *et al.*, 2004) :

- La complexité de squelette de base (allant d'un simple C₆ à des formes très polymérisés)
- Le degré de modification de ce squelette (degré d'oxydation et de méthylation,)
- Les liaisons possibles de ces molécules avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines)

Tableau III : les différentes catégories de composés phénoliques (Manach *et al.*, 2004).

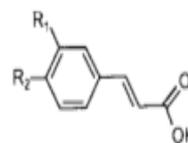
Les acides phénoliques

Hydroxybenzoic acids



$R_1 = R_2 = OH, R_3 = H$: Protocatechuic acid
 $R_1 = R_2 = R_3 = OH$: Gallic acid

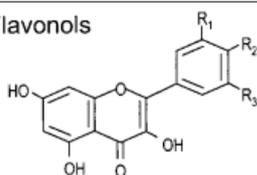
Hydroxycinnamic acids



$R_1 = OH$: Coumaric acid
 $R_1 = R_2 = OH$: Caffeic acid
 $R_1 = OCH_3, R_2 = OH$: Ferulic acid

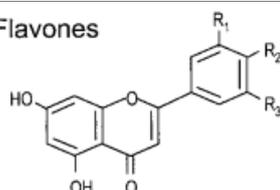
Les flavonoïdes

Flavonols



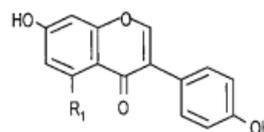
$R_2 = OH; R_1 = R_3 = H$: Kaempferol
 $R_1 = R_2 = OH; R_3 = H$: Quercetin
 $R_1 = R_2 = R_3 = OH$: Myricetin

Flavones



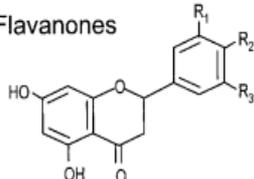
$R_1 = H; R_2 = OH$: Apigenin
 $R_1 = R_2 = OH$: Luteolin

Isoflavones



$R_1 = H$: Daidzein
 $R_1 = OH$: Genistein

Flavanones



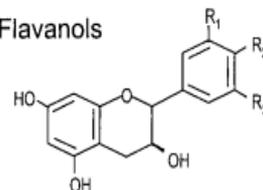
$R_1 = H; R_2 = OH$: Naringenin
 $R_1 = R_2 = OH$: Eriodictyol
 $R_1 = OH; R_2 = OCH_3$: Hesperetin

Anthocyanidins



$R_1 = R_2 = H$: Pelargonidin
 $R_1 = OH; R_2 = H$: Cyanidin
 $R_1 = R_2 = OH$: Delphinidin
 $R_1 = OCH_3; R_2 = OH$: Petunidin
 $R_1 = R_2 = OCH_3$: Malvidin

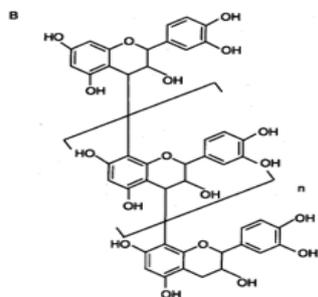
Flavanols



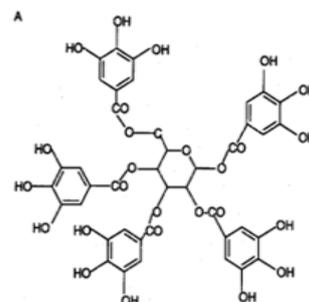
$R_1 = R_2 = OH; R_3 = H$: Catechins
 $R_1 = R_2 = R_3 = OH$: Gallocatechin

Les Tanins

Tanins condensés



Tannins hydrolysables



I.2.2.1. Acides phénoliques

Selon **Han et al., (2007)**, C'est une classe importante des composés phénoliques qui sont largement distribués dans le royaume végétal.

Ces composés possèdent une fonction acide en plus de la fonction phénol qui est représentés par deux groupes essentiels : les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques.

- **Acides hydroxybenzoïques**

Les acides hydroxybenzoïques (p-hydroxybenzoïque, protocatéchique, vanillique, gallique, syringique, salicylique, gentisique...) sont dérivés de l'acide benzoïque et ont une formule de base de type C₆-C₁. Dans la cellule, ces composés se trouvent souvent sous forme de glucosides ou d'esters (**Mohsen et Amar, 2009**)

- **Acides hydroxycinnamiques**

Les acides hydroxycinnamiques représentent une classe très importante dont la structure de base (C₆-C₃) dérive de celle de l'acide cinnamique. Les molécules de base de la série hydroxycinnamique sont l'acide *p*-coumarique, l'acide caféique, l'acide férulique et son dérivé 5-hydroxylé, et en fin l'acide sinapique (**Mohsen et Amar, 2009**).

I.2.2.2. Flavonoïdes

Ce sont des composés phénoliques présents chez toutes les plantes vasculaires et la plupart des bryophytes. Ils sont formés d'un squelette de base à 15 atomes de carbones organisés dans une structure générale de type C₆-C₃-C₆. Le cycle A, substitué en 5 et en 7 par des groupements hydroxyles, est appelé noyau phloroglucinol. Le cycle B porte toujours un hydroxyle en 4' (noyau *p*-phénol) et souvent un hydroxyle supplémentaire en 3' (noyau catéchol) ou deux en 3' et 5' (noyau pyrogallol). Le cycle C (C₃) est un cycle pyranne (**Figure 03**). Les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes qui se distinguent par le niveau d'oxydation et les positions des substituant de leur hétérocycle central (flavan-3-ols, flavan-4-ols, flavan-3,4-diols, flavones, flavonols dihydroflavones, dihydroflavonols, anthocyanes, Isoflavonoïdes...) (**Djeridane et al., 2006**).

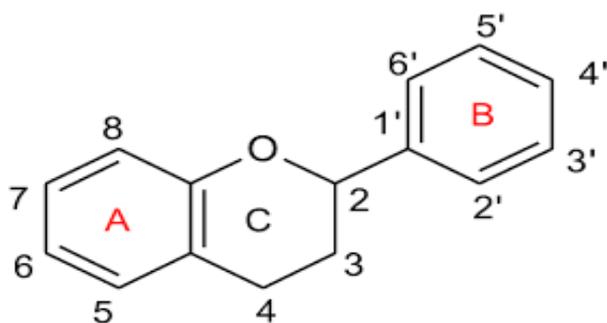


Figure 03 : structure de base des flavonoïdes (Lamaison et Carnet, 1990).

I.2.2.3. Tannins

Les tannins sont définis comme étant des polyphénols complexes hydrosolubles de masse molaire comprise entre 500 et 3000 Da, sont très abondants dans les plantes, ils ont la capacité de se combiner et de précipiter les protéines. Ces combinaisons varient d'une protéine à une autre selon les degrés d'affinités. Dans ce processus, les molécules de tannins se lient aux protéines par des liaisons résistantes aux attaques fongiques et bactériennes (Ignat *et al.*, 2011). Selon la structure, on distingue deux types :

- **tannins hydrolysables**

Ce sont des esters de glucose c'est-à-dire un noyau central de glucose sur lequel se fixe en moyen d'une liaison ester des acides qui sont l'acide gallique pour le groupe des gallotanins et l'acide éllagique pour le groupe des éllagitanins. Comme leur nom l'indique, ces composés peuvent être dégradés en fragments simples (acides phénols et sucres) (Ignat *et al.*, 2011).

- **tannins condensés**

Ce sont des proanthocyanidines, composés phénoliques hétérogènes : dimères, oligomères ou polymères de flavanes, flavan-3-ols, 5-flavanols, 5-deoxy-3-flavanols et flavan-3,4-diols. En s'hydrolysant, les tannins condensés ne donnent pas de composés simples comme le glucose ou les acides phénols comme c'est le cas pour les tannins hydrolysables, mais plutôt des anthocyanidines (Ignat *et al.*, 2011).

I.2.3. Propriétés biologiques des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont parmi les substances bioactives les plus puissantes et les plus prometteuses en thérapie. Possèdent de multiples effets biologiques bénéfiques pour la santé humaine.

Des activités anti-inflammatoire, antimicrobienne, antivirale, diurétique, agrégation antiplaquettaire et la prévention des dommages photodynamique sont attribuées à ces substances naturelles (Falleh *et al.*, 2008). Plusieurs études ont souligné que la plupart des composés phénoliques montrent des activités biologiques liées à leurs propriétés antioxydantes telles qu'elles sont présentées par la figure 4 :

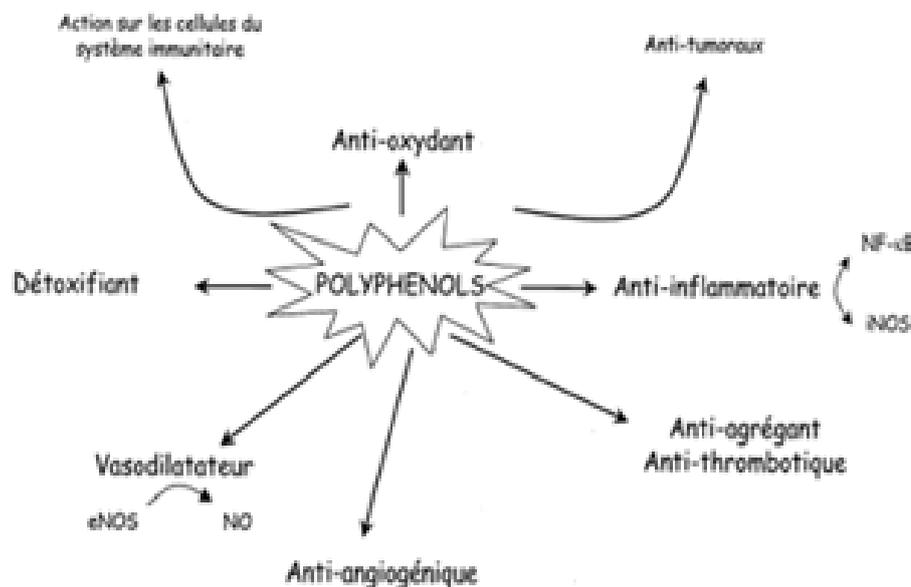


Figure 04 : Effets biologiques des polyphénols (eNOS : NO synthase endothéliale ; iNOS : NO synthase inductible ; NF-κB, facteur nucléaire -κB.) (Martin et Andriantsitohaina, 2002).

I.3. Propriété antioxydante des composés phénoliques

Plusieurs études ont démontrées l'activité antioxydante des polyphénols extraits des plantes médicinales. Ces substances ont la capacité de piéger les radicaux libres et d'empêcher le déclenchement des chaînes radicalaires, en décomposant les hydroperoxydes, ou les peroxydes préexistants. On parle dans ce cas, d'antioxydants de rupture de chaîne radicalaire. En outre, ils ont l'aptitude de chélater les catalyseurs d'oxydation (ions métalliques), formant des complexes faciles à excréter par l'organisme, en diminuant ainsi la formation des radicaux libres. Comme, ils peuvent inhiber certains enzymes impliqués dans le phénomène d'oxydation comme la xanthine oxydase (Yang *et al.*, 2009).

Ces activités antioxydantes des polyphénols sont principalement dues à leur structure chimique, qui dépend essentiellement du nombre et de la position des groupes hydroxyles dans la molécule (Han *et al.*, 2007).

MATERIE
MATERIEL
ET
METHODES

II.1. Matériel végétale

La plante entière de *Chamaemelum nobile* a été récoltée au mois de juillet 2017 à Akbou. Après la récolte l'échantillon a été séché pendant 10 jours à température ambiante dans un endroit aéré et à l'abri de la lumière. Le matériel végétal séché a été broyé puis tamisé à l'aide d'un tamiseur contenant plusieurs tamis de différentes granulométries (500 μ m, 250 μ m, 125 μ m).

II.2. Optimisation des paramètres d'extraction des composés phénoliques

Dans une démarche d'optimisation des conditions d'extraction des composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*, une série de paramètres a été étudiée, notamment l'effet du diamètre de la poudre, de la nature et de la concentration du solvant d'extraction, et l'effet du rapport solide-liquide.

Une quantité de 0,4 g de la poudre a été mélangée avec 40 ml de solvant d'extraction (l'eau distillée, l'acétone 50%, le méthanol 50%, l'éthanol 50%). Après 3 heures de macération, les mélanges ont été filtrés et utilisés pour déterminer la teneur en composés phénoliques ainsi qu'à l'évaluation de l'activité antioxydante.

II.2.1. Effet du diamètre de la poudre

Pour étudier l'effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en composés phénoliques, flavonoïdes et en tanins, ainsi que sur l'activité antioxydante de *Chamaemelum nobile*, trois diamètres ont été utilisés à savoir : 125 μ m, 250 μ m et 500 μ m.

II.2.2. Effet de la nature du solvant d'extraction

Afin d'étudier l'effet de la nature du solvant d'extraction, les composés phénoliques totaux de *Chamaemelum nobile* sont extraits en utilisant comme solvants l'eau distillée, l'acétone 50%, le méthanol 50%, l'éthanol 50%, et en utilisant le diamètre 125 μ m.

II.2.3. Effet de la concentration du solvant d'extraction

Concernant l'effet de la concentration du solvant, l'extraction des composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*, a été réalisée en utilisant comme solvant l'acétone à différentes concentration à savoir : acétone 30%, acétone 50%, acétone 70% et acétone 100%.

II.2.4. Effet du rapport solide-liquide

Pour déterminer l'effet du rapport solide-liquide, l'extraction des composés phénoliques de *Chamaemelum nobile* a été effectuée en utilisant une poudre de 125 μ m de diamètre et comme solvant d'extraction l'acétone 50%, et en faisant varier le ratio échantillon/solvant de 0,1/20 ; 0,2/20 ; 0,4/20 à 0,6/20 (g/ml).

II.3. Analyse phytochimique

II .3.1. Dosage des polyphénols totaux

Les composés phénoliques ont été quantifiés par une méthode colorimétrique, utilisant le réactif de Folin ciocalteu (mélange d'acide phosphotungstique, $H_3PW_{12}O_{40}$ et d'acide phosphomolybdique, $H_3PMO_{12}O_{40}$). Ces derniers de couleur jaune, lors de l'oxydation des phénols, sont réduits en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (**Singleton et Rossi, 1965**).

La teneur en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile* est estimée selon la méthode de **Kähkönen et al., (1999)**. Un volume de 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu est ajouté à 0,2ml de chaque extrait dilué (1/10). Après 3 minutes, 0,8 ml de la solution de carbonate de sodium (7,5%) sont ajoutés. Après 1 heure d'incubation, l'absorbance est mesurée à 740 nm. La concentration en composés phénoliques des extraits, exprimée en gramme équivalent acide gallique par 100 g de matière sèche, est déterminée en se référant à la droite d'étalonnage (**annexe I**).

II.3.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes totaux ont été quantifiés selon la méthode de **Lamaison et Carnet (1990)**. Cette technique est basée sur la formation du complexe flavonoïde-aluminium de couleur jaunâtre en présence de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$).

Une partie aliquote de chaque extrait dilué (1/5) a été ajoutée à un volume égal de chlorure d'aluminium (2%). Après 20 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante l'absorbance est mesurée à 410 nm contre un témoin préparé dans les mêmes conditions réactionnelles en remplaçant l'extrait par eau distillé.

Les résultats sont exprimés en gramme équivalent quercétine par 100 g de matière sèche à partir de la droite d'étalonnage (**annexe I**).

II.3.3. Dosage des tanins condensés

Le dosage des tanins condensés est basé sur la condensation des composés phénoliques (flavanes-3-ols) avec la vanilline en milieu acide (**Price et al., 1978**).

La méthode d'estimation de la teneur en tanins condensés est proposée par **Swain et Hillis (1959)**. Le réactif de la vanilline a été préparé par solubilisation de 1 g de la vanilline dans 100 ml d'acide sulfurique (70%). 2 ml de ce réactif sont mélangés avec 1ml de chaque extrait dilué (1/10). Après incubation à 50°C pendant 20 min dans bain marin, l'absorbance est

mesurée à 500 nm contre un témoin préparé dans les mêmes conditions réactionnelles en remplaçant l'extrait par eau distillée.

Les résultats sont exprimés en gramme équivalent catéchine par 100 g de matière sèche à partir de la droite d'étalonnage (**annexe I**).

II.4. Les activités antioxydantes

II.4.1. Mesure du pouvoir réducteur

L'analyse du pouvoir réducteur est basée sur la réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) du complexe ferricyanure Fe^{3+} en fer ferreux (Fe^{2+}), en présence d'antioxydants réducteurs. La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (**Bijoy et al., 2008**).

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode de **Yildirim et al., (2001)**. 1ml de chaque extrait dilué (1/10) est additionné à 2,5 ml de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium (1%). Après incubation à 50°C pendant 20 min, 2,5ml d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés au mélange. Après centrifugation à 3000g pendant 10 min, 2,5 ml du surnageant sont mélangés avec 2,5 ml d'eau distillée et 0,5ml de chlorure ferrique (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm.

Les résultats sont exprimés en gramme équivalent acide ascorbique par 100 g de matière sèche à partir d'une droite d'étalonnage (**annexe I**).

II.4.2. Activité réductrice du molybdate (TAC)

Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo(VI) présent sous la forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} en molybdène Mo(V) MoO_2^+ , en présence de l'extrait pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V) dans un milieu acide (**Prieto et al., 1999**).

Une partie aliquote de 0.3 ml d'extrait est combinée à 3 ml de solution composée d'acide sulfurique (0.6 N), de phosphate de sodium (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Les tubes sont incubés à 95°C pendant 90 mn. Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695 nm. Les résultats sont exprimés en absorbances.

II.4.3. Activité « scavenger » du radical DPPH

Ce test est basé sur la mesure de l'aptitude d'un antioxydant à exercer un effet «scavenger» sur le radical DPPH° (2,2 diphényl-1- pycrylhydrazyl).

Toute substance capable de donner un atome d'hydrogène (antioxydant AH) à la solution du DPPH, peut réduire ce radical stable en son hydrazine, en changeant la couleur de la solution du violet vers le jaune vert.



Le changement de couleur est exprimé par la diminution de l'absorbance, ce qui permet d'évaluer l'activité scavenger du radical DPPH.

L'effet « scavenger » du DPPH est déterminé par la méthode de **Kroyer et Hegedus, (2001)**. 300µl de chaque extrait dilué (1/10) sont ajoutés à 2700µl de DPPH (60 µM). L'absorbance a été lue à 517 nm après 50min d'incubation à l'obscurité.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est exprimé par la formule suivante :

$$\% = [(A_{\text{témoin}} - A_{\text{échantillon}}) / A_{\text{témoin}}] \times 100$$

A_{témoin} : Absorbance du témoin (300µl méthanol + 2700 µl DPPH).

A_{échantillon} : Absorbance de l'extrait (300µl extrait + 2700 µl DPPH).

II.4.4. Activité « scavenger » du radical ABTS

La méthode qui détermine l'activité « scavenger » du radical ABTS est basée sur la capacité d'un antioxydant à piéger le radical cationique ABTS^{•+} (2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)) de coloration bleue verte en le transformant en ABTS-H⁺ incolore, par un don d'hydrogène (**Antolovich et al., 2002**). La décroissance de l'absorbance causée par l'antioxydant reflète la capacité de capture du radical libre.

Le piégeage du radical cationique ABTS^{•+} est déterminé par la méthode de **Re et al., (1999)**. La solution du radical cationique ABTS^{•+} a été préparée en mélangeant 2,45 mM d'ABTS avec 7 mM de persulfate de potassium. Après 16 heures d'incubation la solution ABTS^{•+} a été diluée avec l'éthanol, afin d'obtenir une absorbance de 0,7±0,02 à 734 nm. Un volume de 20µl de chaque extrait est additionné à 2ml de la solution d'ABTS^{•+}. L'absorbance a été lue à 734 nm après 6 min d'incubation à l'obscurité.

Le pourcentage de l'activité scavenger du radical ABTS^{•+} est exprimé par la formule suivante :

$$\% = [(A_{\text{témoin}} - A_{\text{échantillon}}) / A_{\text{témoin}}] \times 100$$

A_{témoin} : Absorbance du témoin (ABTS^{•+})

A_{échantillon} : Absorbance de l'extrait (extrait + ABTS^{•+}).

II.5. Etude statistique

L'analyse statistique des résultats a été effectuée avec l'application ANOVA (STATISTICA 5.5) et la comparaison des résultats est prise à la probabilité $P < 0,05$. Toutes les données représentent la moyenne de trois essais \pm écart type. La corrélation entre les différents paramètres est définie par le coefficient de corrélation de Pearson (r) (STATISTICA 5.5).

RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Effet du diamètre de la poudre

Pour étudier l'effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en composés phénoliques, flavonoïdes et en tanins, ainsi que sur l'activité antioxydante de *Chamaemelum nobile*, trois diamètres ont été utilisés à savoir : 125, 250 et 500 μ m. Cependant, il est généralement admis que sous une forme broyée, la matière végétale présentera une plus grande surface de contact avec le solvant (Bonnaillie *et al.*, 2012).

III.1.1. Extraction des composés phénoliques

III.1.1.1. Teneur en polyphénols totaux

L'étude statistique montre que les teneurs en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*, présentent des différences significatives selon le diamètre de la poudre d'extraction ($P < 0,05$) (Figure 5).

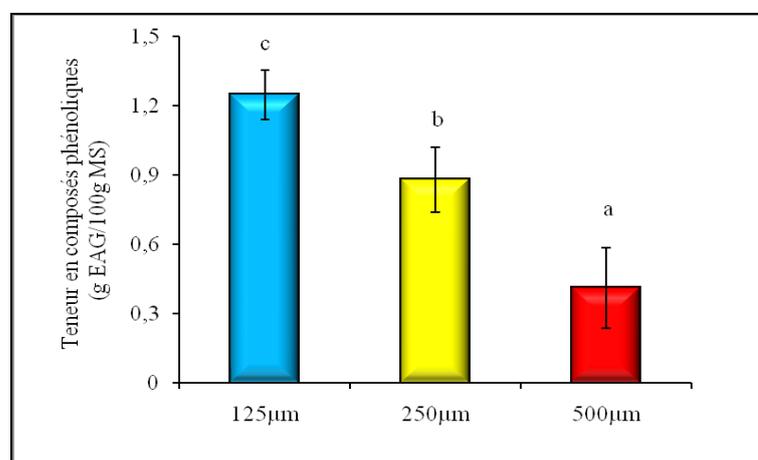


Figure 5: Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*.

Selon les résultats illustrés dans la figure 5, on distingue que la teneur en composés phénoliques la plus élevée a été trouvée en utilisant le diamètre 125 μ m (1,25 g EAG/100g MS), alors que la teneur la plus faible a été obtenue dans l'extrait préparé avec la poudre dont le diamètre est de 500 μ m (0,41 g EAG/100g MS).

Contrairement à nos résultats Mukhopadhyay *et al.*, (2005), ont démontrés que les particules de taille 250-425 μ m étaient l'optimum pour l'extraction des composés phénoliques à partir de *Cimicifuga racemosa* on utilisant des solvants pures.

III.1.1.2. Teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes trouvée dans la présente étude varie de manière significative selon le diamètre de la poudre d'extraction testé ($P < 0,05$) (Figure 6).

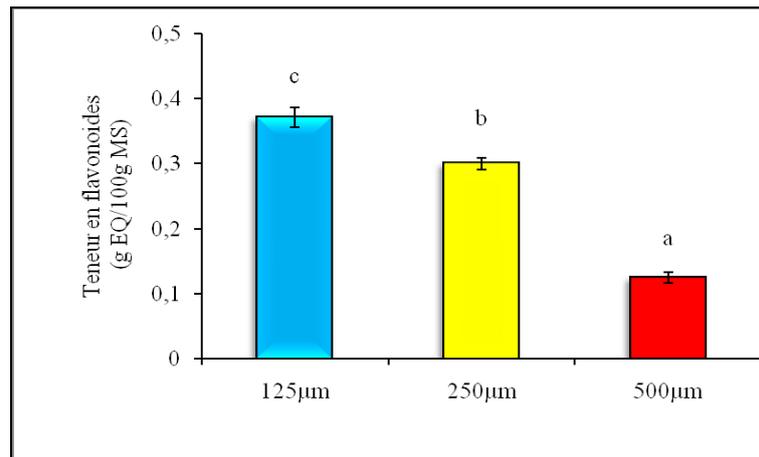


Figure 6: Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en flavonoïdes de *Chamaemelum nobile*.

La figure 6 indiquent que la meilleure teneur en flavonoïdes a été enregistrée par l'extrait préparé en utilisant une poudre du diamètre de 125µm, avec une valeur de 0,37 g EQ/100g MS. Par contre la teneur la plus faible a été trouvée dans l'extrait obtenu en utilisant la poudre dont le diamètre est de 500µm, avec une valeur de 0,12 g EAG/100g MS.

III.1.1.3. Teneur en tanins condensés

L'analyse statistique révèle que la teneur en tanins condensés varie selon le diamètre utilisé ($P < 0,05$) (**Figure 7**).

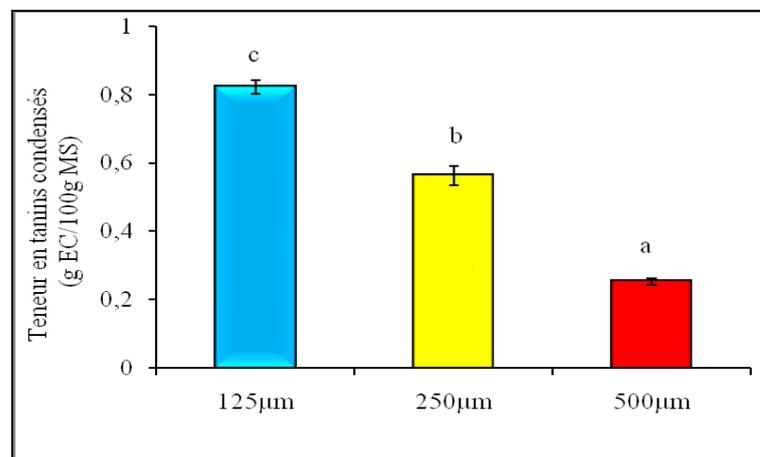


Figure 7: Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur la teneur en tanins condensés de *Chamaemelum nobile*.

D'après la figure 7, on remarque que l'extraction en appliquant le diamètre 125µm a donné la teneur la plus élevée en tanins condensés avec une valeur de 0,82 g EC /100g MS. Par contre la plus faible teneur a été trouvée dans l'extrait préparé avec une poudre de 500µm de diamètre, avec une valeur de 0,25 g EC/ 100g MS.

En effet, la capacité d'extraction des produits naturels des plantes aromatiques et médicinales par solvant organique est liée à la structure de la matière première. Ainsi, après le broyage, la taille des particules diminue et donc la surface spécifique devient plus grande, ce qui facilite la pénétration du solvant à l'intérieur des particules.

III.1.2. Activité antioxydante

III.1.2.1. Activité «scavenger» du radical DPPH

L'étude statistique a montré une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du DPPH des extraits condensés de *Chamaemelum nobile* selon le diamètre d'extraction utilisé ($p < 0,05$) (Figure 8).

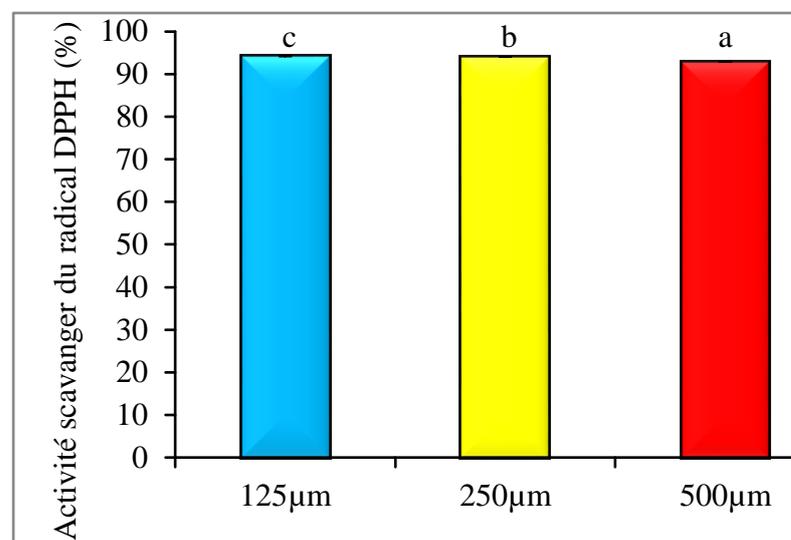


Figure 8 : Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de *Chamaemelum nobile*.

Les résultats obtenus dans la figure 8 montrent que tous les extraits de *Chamaemelum nobile* ont exhibés d'importantes capacités inhibitrices du DPPH avec des pourcentages d'inhibition du DPPH supérieurs 92.94 %.

L'extrait préparé par le diamètre 125µm a exercé l'activité antiradicalaire vis à vis du radicale DPPH la plus élevée, avec un pourcentage de 94,22%, suivi par l'extrait préparé par le diamètre 250µm avec un pourcentage de 94%, alors que le plus faible pourcentage qui est de 92,94 % a été trouvé dans l'extrait obtenu en utilisant la poudre du diamètre 500µm

La plus forte activité « scavenger » du radical DPPH constatée avec le diamètre 125µm, pourrait être due à la richesse de cet extrait en composés phénoliques, flavonoïdes et en tanins condensés.

III.1.2.2. Activité « scavenger » du radical ABTS

Les résultats de l'activité « scavenger » du radical ABTS de *Chamaemelum nobile* sont représentés dans la figure 9. L'analyse statistique de ces résultats montre une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du radical ABTS selon le diamètre de la poudre testée ($p < 0,05$).

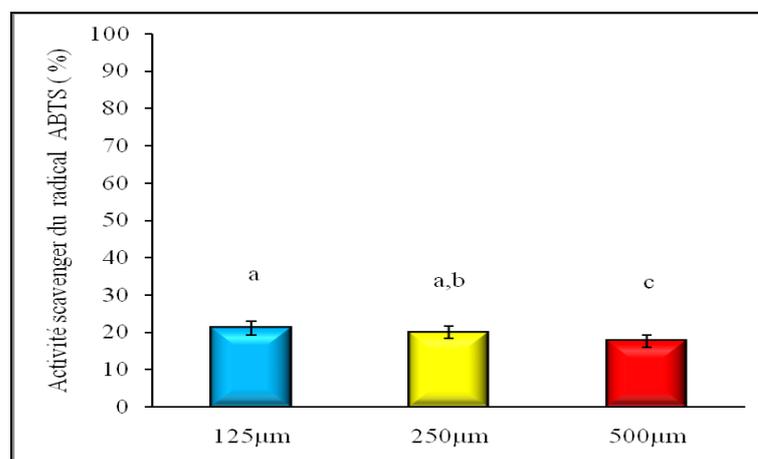


Figure 9 : Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur l'activité « scavenger » du radical ABTS de *Chamaemelum nobile*.

D'après les résultats de la figure 9, on constate que l'extrait préparé par la poudre du diamètre 125µm a présenté la meilleure activité à piéger le radical ABTS (21,05%), alors que l'extrait préparé par la poudre du diamètre 500µm a exercé la plus faible capacité avec un pourcentage de 17,55%.

III.1.2.3. Pouvoir réducteur

L'analyse statistique des résultats de l'évaluation du pouvoir réducteur obtenus, n'a révélé aucune différence significative entre les pouvoirs réducteurs des extraits de *Chamaemelum nobile* préparés en utilisant des poudres de différents diamètres (**Figure 10**).

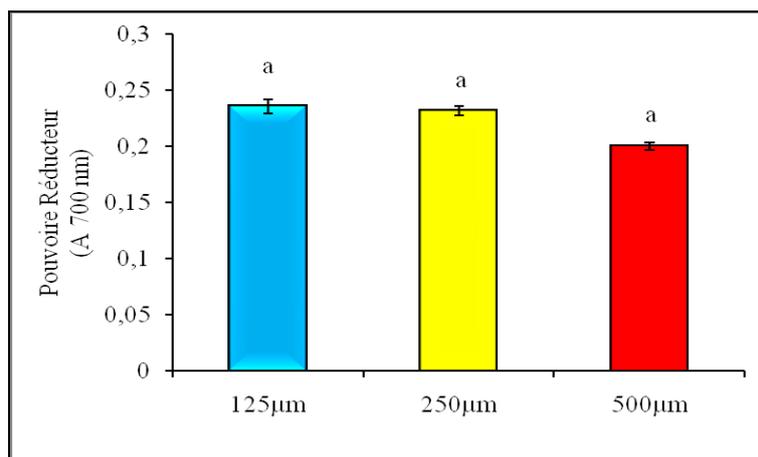


Figure 10 : Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur le pouvoir réducteur de *Chamaemelum nobile*.

La figure 10 montre que les valeurs des pouvoirs réducteurs obtenus, pour les extraits dont les diamètres sont 125, 250 et 500nm, sont de l'ordre de 0,20 ; 0,23 et 0,24 ; respectivement.

III.1.2.4. Activité réductrice du molybdate (TAC)

Les capacités des extraits de *Chamaemelum nobile* à réduire le molybdate sont différentes significativement selon le diamètre de la poudre ($p < 0,05$) (**Figure 11**).

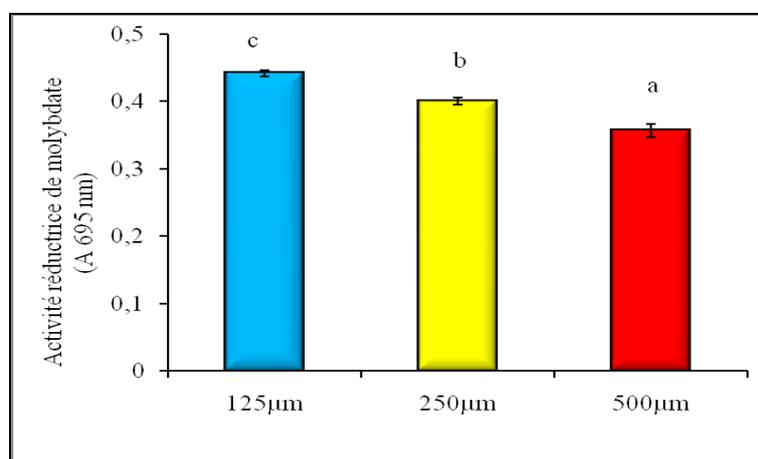


Figure 11 : Effet du diamètre de la poudre d'extraction sur l'activité réductrice du molybdate de *Chamaemelum nobile*.

D'après la figure 11 la meilleure capacité réductrice a été obtenue avec le diamètre 125µm (0,44). Alors que la plus faible activité réductrice du molybdate a été déterminée avec le diamètre 500µm avec une valeur de 0,36.

D'après la bibliographie consultée aucune étude n'a été réalisée sur l'activité antioxydante des extraits de *Chamaemelum nobile* avec les différents diamètres. Pour cela, il est difficile de comparer nos résultats avec les travaux antérieurs.

En effet, d'après **Silva et al., (2007)**, la taille des particules est un paramètre important lors de l'extraction des composés phénoliques, cependant les meilleurs rendements de ces derniers sont obtenus en utilisant les plus fines particules, probablement en raison de l'augmentation de la surface d'échange entre le solvant d'extraction et la matière sèche. Réduire la taille des échantillons par mouture augmente leurs surfaces d'échanges, ce qui permet un meilleur contact avec le solvant d'extraction (**Escribano-Bailon et Santos-Buelga, 2003**).

Il s'avère de ce qui précède qu'avec les fines particules (125 µm), les composés chimiques sont plus facilement transférés de la matière végétale vers le solvant d'extraction. Cela s'expliquerait par le fait que le solvant se diffuse plus facilement à l'intérieur des petites particules, pour extraire les molécules de polyphénols grâce à la création d'une surface de contact plus grande avec la diminution de la taille des particules et aussi à l'ouverture de plus grands nombres de ports, sans pour autant que celle-ci soit trop fine, afin d'éviter le phénomène de colmatage de cette dernière, et facilitants ainsi le contact avec le solvant (**Virginie et al., 2015**).

III.2. Effet de solvant d'extraction

La sélection du solvant d'extraction est une étape fondamentale dans l'optimisation des conditions d'extraction solide-liquide des antioxydants. Les solvants organiques sont les plus utilisés pour l'extraction. La solubilité des composés phénoliques est influencée par la nature du solvant utilisé et leur polarité (**Escribano-Bailon and Santos-Buelga, 2003**).

Afin d'étudier l'effet de solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques, flavonoïdes et en tanins, ainsi que sur l'activité antioxydante de *Chamaemelum nobile*, quatre solvants de différentes polarité ont été utilisés à savoir l'eau distillée, le méthanol 50%, l'éthanol 50%, et l'acétone 50%.

III.2.1. Extraction des composés phénoliques

III.2.1.1. Teneur en polyphénols totaux

Les teneurs en composés phénoliques des extraits de *Chamaemelum nobile* en utilisant des solvants de différentes polarités montrent des différences significatives selon le solvant utilisé ($p < 0,05$) (**Figure 12**).

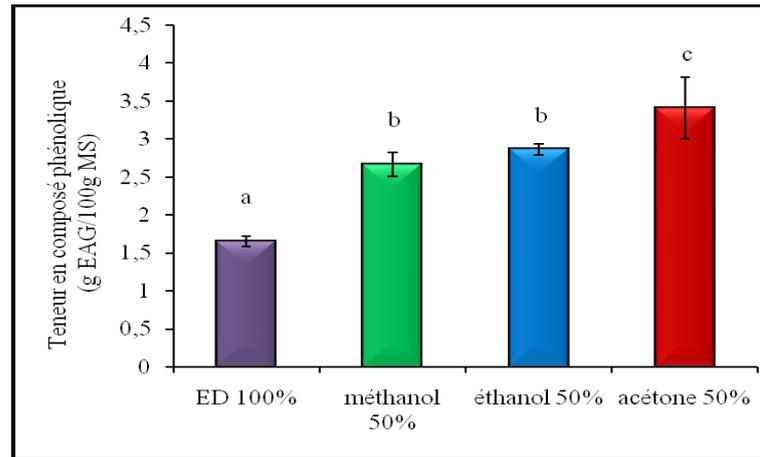


Figure 12 : Effet du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*.

La figure 12 indique que l'acétone 50% a permis d'extraire les teneurs les plus élevées en composés phénoliques avec une valeur de 3,41 g EAG/100g MS, suivi par le méthanol 50% et l'éthanol 50% avec des valeurs de 2,86 et 2,66 g EAG/100g MS, respectivement. Alors que la teneur la plus faible a été trouvée dans l'extrait à l'eau distillée (1,65 g EAG/100g MS).

D'après ces résultats, l'acétone 50% est le meilleur solvant d'extraction des polyphénols totaux par rapport aux autres extraits.

Selon cette étude, les teneurs en composés phénoliques trouvés chez *Chamaemelum nobile* sont pas similaires à celles de certaines plantes de la même famille ; *Artemisia herba halba*, *Artemisia campestris* et *Anthemisis arvensis*, dont la meilleure teneur (3,33 g EAG/100 g MS) est présentée par l'extrait méthanolique

Selon une étude réalisée sur l'effet du solvant d'extraction des composés phénoliques de *Matricaria pubescens*, **Metrouh-Amir et al., (2015)** ont rapportés que la meilleure teneur en composés phénoliques est présentée par l'extrait méthanolique avec une valeur 2,65 g EAG /100g MS. Ces résultats sont en désaccord avec les résultats de la présente étude.

Le travail effectué par **Maja et al., (2012)** sur la détermination de la teneur en composés phénoliques de *Salvia officinals* a montré que les extrait éthanolique et acétonique à 50% ont donnés la meilleure teneur en polyphénols. Les résultats de la présente étude ne sont pas similaires à ceux de **Mohsen et Amar, (2009)**, qui ont étudié l'extraction des composés phénoliques par différent solvants où l'éthanol s'est révélé le meilleur solvant.

D'après **Chaalal et al., (2012)**, l'acétone est le solvant le plus adéquat pour extraire les composés phénoliques à partir de la figue de Barbarie, ce qui concorde avec les résultats de ce travail.

En outre selon **Yap et al., (2009)**, une proportion élevée en eau dans le système de solvant favoriserait l'extraction des composés phénoliques totaux.

La solubilité des composés phénoliques est gouvernée par le type de solvant utilisé (polarité), le degré de polymérisation des polyphénols, ainsi que les interactions des composés phénoliques avec d'autres composés de la plante et la formation des complexes insolubles. Cependant il n'y a pas une procédure d'extraction uniforme ou complémentaire satisfaisante qui extrait tous les composés phénoliques ou une classe spécifique des substances phénoliques dans le matériel végétal (**Falleh et al., 2008**).

III.2.1.2. Teneur en flavonoïdes totaux

Les teneurs en flavonoïdes des extraits de *Chamaemelum nobile* varient d'une manière significative selon le solvant d'extraction utilisé ($p < 0,05$) (**Figure 13**).

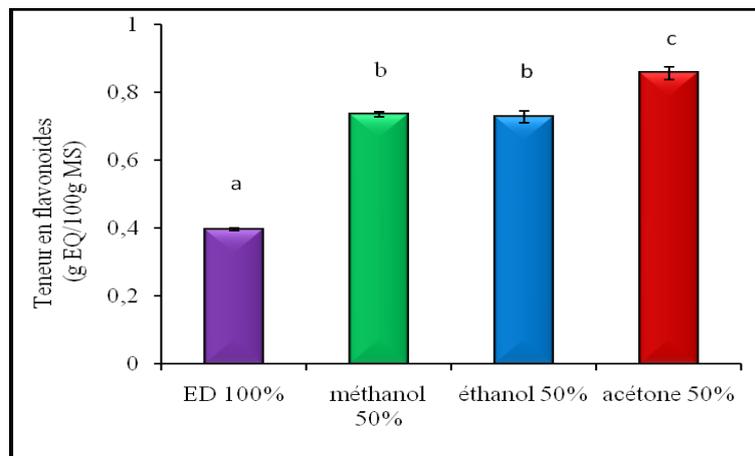


Figure 13 : Effet du solvant d'extraction sur la teneur en flavonoïdes de *Chamaemelum nobile*.

Les résultats obtenus dans la figure 13 révèlent que l'acétone 50% a présenté la teneur en flavonoïdes la plus élevée (0,86g EQ/100g MS). Le méthanol 50% et l'éthanol 50% ont permis de donner des teneurs allant 0,74 à 0,78g EQ/100g MS. La plus faible teneur en flavonoïdes (0,40 g EQ/100g MS) a été trouvée dans l'extrait à l'eau distillée.

Les teneurs en flavonoïde obtenues dans ce travail sont différentes à celle obtenue pour *Matricaria pubescens* par **Khacheba et al., (2014)**, en utilisant l'eau distillée comme solvant d'extraction.

Nos résultats sont en accord avec les travaux menées par **Djeridane et al., (2006)** qui ont montrés que les teneurs comprises entre 0,75 et 1,31g ER/100g MS dans les extraits éthanoliques aqueux d'*Artemisia compestris*, *Artemisia herba halba* et d'*Anthemis orvensis*.

Dans une étude réalisée par **Bousselsla et al., (2012)** sur les extraits méthanoliques des feuilles de *Herbia cheirifolia* (Astéracées), les teneurs en flavonoïdes trouvées étaient de 0.09 g EQ/100g MS d'extrait.

III.2.1.3. Teneur en Tanins condensées

L'analyse statistique révèle que la teneur en tanins condensés varie selon le solvant d'extraction utilisé ($P < 0,05$) (**Figure 14**).

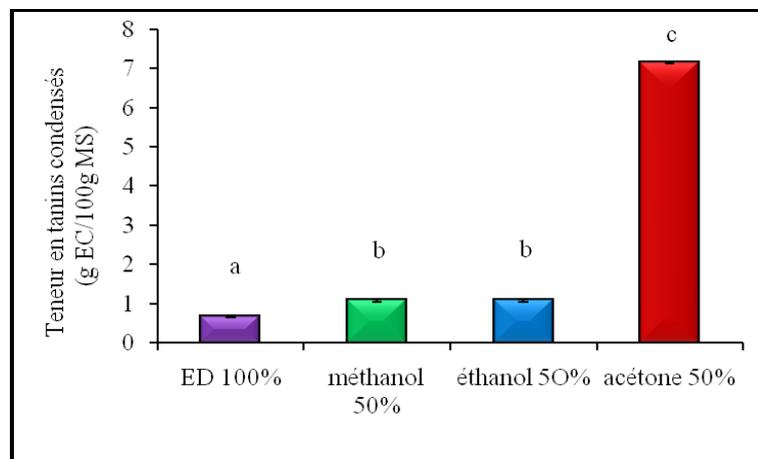


Figure 14: Effet du solvant d'extraction sur la teneur en tanins condensées de *Chamaemelum nobile*.

D'après la figure 14 l'extraction par l'acétone 50% a donné la teneur la plus élevée en tanins condensés avec une valeur de 7,40 g EC /100g MS. Par contre la plus faible teneur a été trouvée dans l'extrait à eau distillée, avec une valeur de 0,86 g EC/ 100g MS.

Les travaux menés par **Megdich-ksouri et al., (2015)** ont obtenus une teneur de 0,87g EC/ 100g MS dans l'extrait méthanolique d'*Artemisia compestrisa*. Ces résultats sont différents à celles trouvée avec *Chamaemelum nobile*.

Plusieurs études ont montrés que l'acétone est le meilleur solvant pour l'extraction des proanthocyanidines et des tanins (**Chirinos et al., 2007**).

Tabart et al., (2007) ont montrés que l'acétone est le meilleur solvant d'extraction des polyphenols car il présente l'avantage de précipiter les protéines et d'extraire faiblement les sucres, qui peuvent interférer lors de dosage des polyphenols avec la méthode au réactif de Folin-Ciocalteu. Les mélanges acétone/eau sont de bons solvants pour l'extraction des

antioxydants polaires ; il semble qu'ils permettent la dissolution des complexes composés phénoliques-protéines.

Les différences constatées entre les résultats de la présente étude, concernant les teneurs en composés phénoliques, flavonoïdes et en tanins condensés, et ceux d'autres études pourraient être due à la matrice végétale étudiée, la région et la période de la récolte, le protocole d'extraction et la méthode utilisé pour le dosage et le solvant utilisé.

III.2.2. Activité antioxydante

III.2.2.1. Activité «scavenger» du radical DPPH

L'étude statistique a montré une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du DPPH des extraits selon le solvant utilisé ($p < 0,05$) (**Figure 15**).

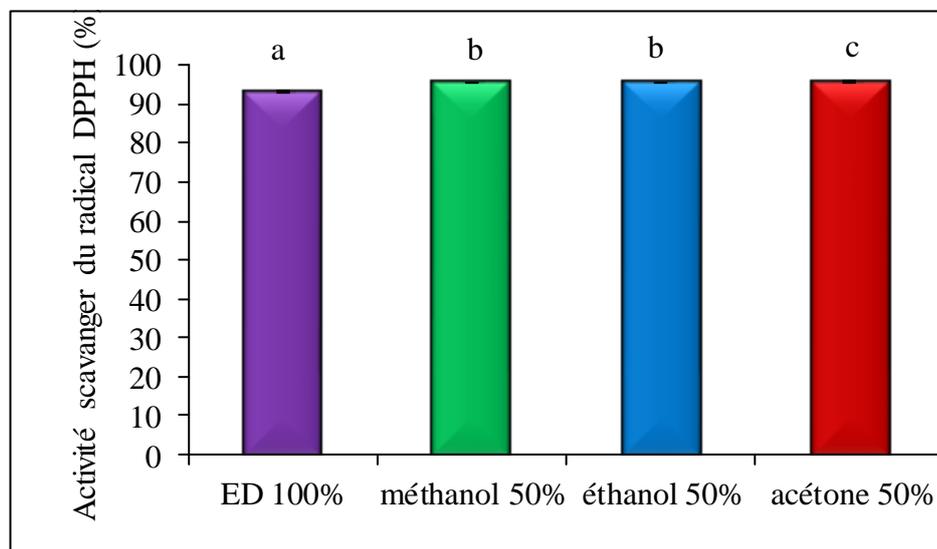


Figure 15 : Effet du solvant d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de *Chamaemelum nobile*.

Les résultats illustrés dans la figure 15 montrent que tous les extraits de *Chamaemelum nobile* ont exhibés d'importantes capacités inhibitrices du DPPH avec des pourcentages d'inhibition du DPPH supérieurs 93,19%.

L'extrait acétonique (50%) a exercé l'activité anti-radicalaire vis à vis du radical DPPH la plus élevée, avec un pourcentage de 95,94%, suivi par l'extrait éthanolique (50%) et méthanolique (50%) avec un pourcentage de 95,76 et 95,61%, respectivement. Alors que le plus faible pourcentage qui est de 93,19 % a été trouvé dans l'extrait aqueux.

La plus forte activité scavenger de radical DPPH constatée avec l'extrait acétonique (50%) pourrait être due à la richesse de cet extrait en composés phénoliques, flavonoïdes et en

tanins condensés. Plusieurs études ont montrés que les flavonoïdes ont une très forte activité réductrice des radicaux libres (Djeridane *et al.*, 2006). Ce qui confirme les résultats de ce travail.

Selon l'étude effectuée par Duong *et al.*, (2015), sur l'effet du solvant sur l'activité «scavenger» du radical DPPH des graines de *Soja obtenu* en utilisant comme solvant l'acétone, le méthanol et l'éthanol, montre que le pourcentage d'inhibition le plus élevée était observé pour l'extrait acétonique (76,4%), ce qui confirme les résultats de la présente étude.

Le type de solvant et son polarité affectent le transfert d'électrons et d'atomes d'hydrogène qui représente un aspect clé dans la mesure de l'activité antioxydante.

III.2.2.2. Activité « scavenger » du radical ABTS

Les résultats de l'activité « scavenger » du radical ABTS de *Chamaemelum nobile* sont représentés dans la figure 16.

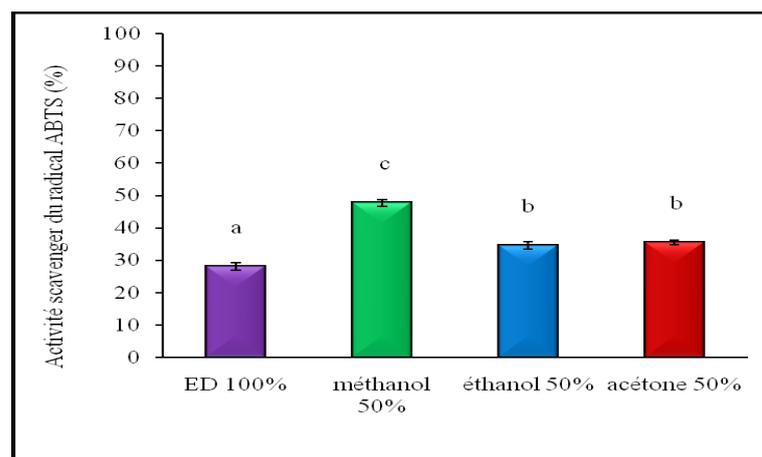


Figure 16 : Effet du solvant d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical ABTS de *Chamaemelum nobile*.

L'analyse statistique de ces résultats montre une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du radical ABTS selon le solvant d'extraction testée ($p < 0,05$). La plus forte capacité à piéger le radical ABTS a été constatée avec l'extrait méthanolique (50%) avec un pourcentage de 47,68%, alors que l'extrait à l'eau distillée a exercé la plus faible capacité avec un pourcentage de 28,04%.

La richesse de l'extrait méthanolique en polyphénols pourrait expliquer le fort pouvoir anti radicalaire vis-à-vis de l'ABTS.

Plusieurs études ont montrés que l'activité anti-radicalaire est très influencée par le solvant d'extraction (Floegel *et al.*, 2011). Ce qui confirme les résultats de ce travail.

III.2.2.3. Pouvoir réducteur

L'analyse des résultats de pouvoir réducteur (**Figure 17**), montrent que tous les extraits possèdent un pouvoir réducteur plus ou moins important, et présentent des différences significatives selon le solvant d'extraction ($p < 0,05$).

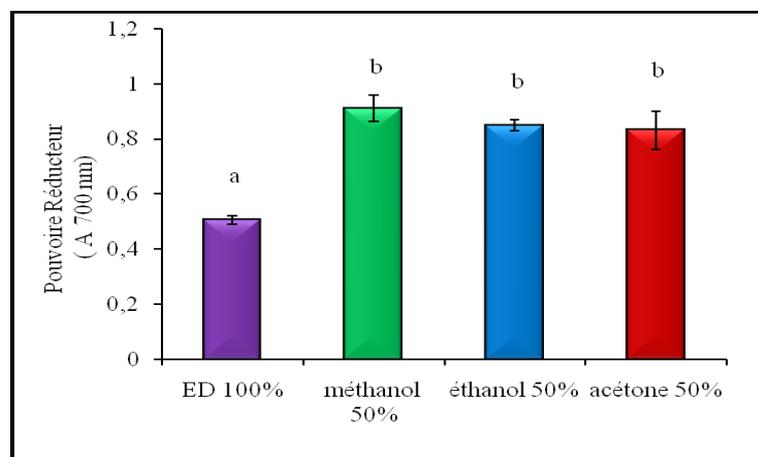


Figure 17: Effet du solvant d'extraction sur le pouvoir réducteur de *Chamaemelum nobile*.

D'après la figure 17 il a été remarqué que l'extrait méthanolique a révélé le pouvoir réducteur le plus important de l'ordre de 0,91, suivi par les extraits éthanolique et acétonique avec des valeurs de 0,83 et 0,85, respectivement, tandis que l'extrait aqueux a révélé le plus faible pouvoir réducteur qui est de l'ordre 0,51.

Les études effectuées par **Jayaprakasha *et al.*, (2008)** ont montrés que le pouvoir réducteur dépend de la teneur en composés phénoliques des échantillons et de la position et du nombre de groupements hydroxylés.

Ces résultats peuvent être expliqués par la présence de composés donneurs d'électrons qui entraînent la réduction de Fe^{3+} en Fe^{2+} . La réduction du chlorure ferrique est souvent utilisée comme indicateur d'activité des donneurs d'électrons qui est un mécanisme important pour l'action antioxydante des polyphénols (**Yang *et al.*, 2009**).

III.2.2.3 Activité réductrice du molybdate (TAC)

Les capacités des extraits de *Chamaemelum nobile* à réduire le molybdate sont différentes significativement selon le solvant utilisé ($p < 0,05$) (**Figure 18**).

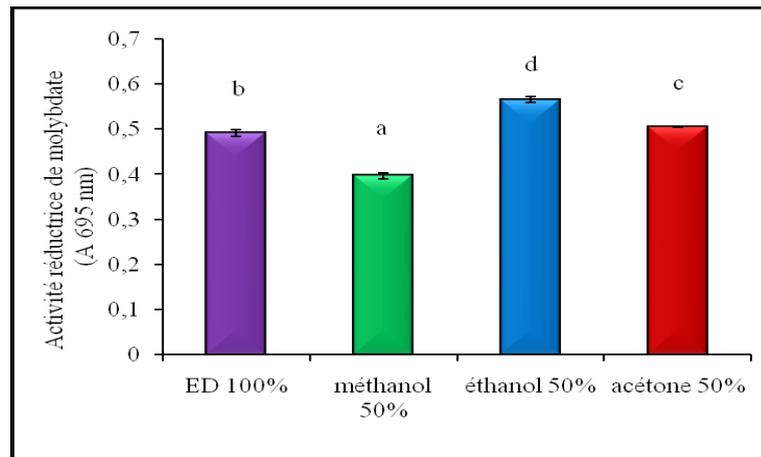


Figure 18 : Effet du solvant d'extraction sur l'activité réductrice du molybdate de *Chamaemelum nobile*.

D'après la figure 18 on remarque que la meilleure capacité réductrice a été obtenue avec l'extrait éthanolique 50% (0,57). Alors que la plus faible activité réductrice du molybdate a été déterminée avec l'extrait méthanolique (50%) avec une valeur de 0,39.

Ces résultats montrent que l'éthanol (50%) est le solvant le plus favorable pour évaluer l'activité réductrice de molybdate de *Chamaemelum nobile*. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que, l'extrait éthanolique renferme des molécules ayant un potentiel réducteur donneur d'électron plus fort que les autres solvants d'extraction utilisés.

III.3. Effet de la concentration du solvant d'extraction

Le mélange solvant-eau distillée semble très efficace pour l'extraction des polyphénols, car l'eau en combinaison avec le solvant contribue à la création d'un solvant modérément polaire qui assure à la fois l'extraction des composés phénoliques et la préservation de leur activité antioxydante. Le choix du solvant sera conditionné par le caractère polaire des composés phénoliques présents dans la matrice étudiée (**Chirinos et al., 2007**).

En prenant l'acétone comme meilleur solvant d'extraction, l'extraction des composés phénoliques de *Chamaemelum nobile* a été réalisée en utilisant différentes concentration de l'acétone allant de 30 à 100 %.

III.3.1. Extraction des composés phénoliques

III.3.1.1. Teneur en polyphénols totaux

L'étude statistique montre que les teneurs en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*, présentent des différences significatives selon la concentration du solvant d'extraction ($P < 0,05$) (**Figure 19**).

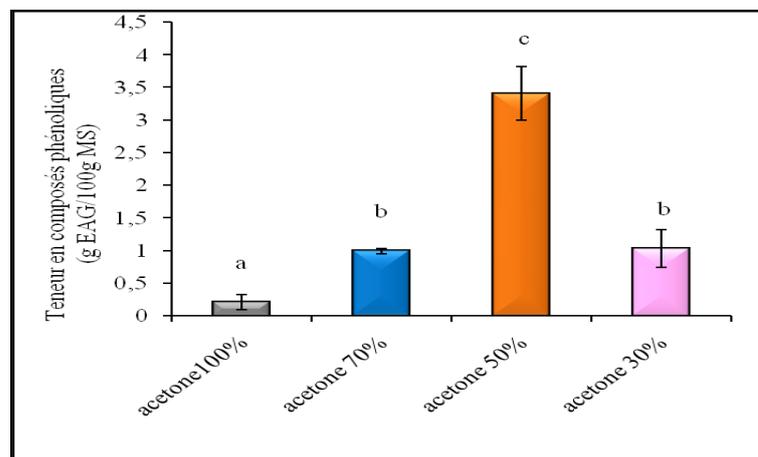


Figure 19 : Effet de la concentration du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*.

La figure 19 révèle que la teneur en composés phénoliques la plus élevée a été trouvée en utilisant l'acétone 50% (3,41 g EAG/100g MS), alors que la teneur la plus faible a été obtenue dans l'extrait préparé avec l'acétone pur (100%) (0,21 g EAG/100g MS).

Les résultats obtenus sont similaires à ceux enregistrés par **Al-Farsi et Lee, (2008)** qui ont constatés que l'acétone 50% est le meilleur solvant pour l'extraction des composés phénoliques des dattes.

D'après une étude effectuée par **Turkmen et al., (2005)**, sur le thé noir, utilisant l'eau l'acétone, le méthanol et l'éthanol à différentes concentrations (100%, 80% et à 50%), la meilleure concentration en composés phénoliques est obtenue avec l'acétone à 50% (1,31 g/100g), suivi par l'éthanol à 50% (1,04 g/100g), le méthanol à 50% avec (0,82 g /100 g) et enfin l'eau distillée (0,33g/100g).

Djeridane et al., (2006) , ont expliqués ces résultats par l'incapacité des solvants purs de rompre les fortes liaisons hydrogènes formées entre les protéines et les composés phénoliques ; l'addition de l'eau rend ces liaisons plus sensibles, donc les composés phénoliques plus extractibles.

La solubilité des composés phénoliques est également affectée par la polarité des solvants utilisés. Les différences notées entre les solvants de la présente étude peuvent être liées à la solubilité des polyphénols qui est dépendante de la polarité du solvant et du degré de leur polymérisation en raison de l'augmentation de nombre de groupe hydroxyle, ainsi que leur interaction avec d'autres constituants et la possibilité de formation de complexes insolubles (Naczki et Shahidi, 2006).

III.3.1.2. Teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes trouvée dans la présente étude varie de manière significative selon la concentration de solvant d'extraction testé ($P < 0,05$) (Figure 20).

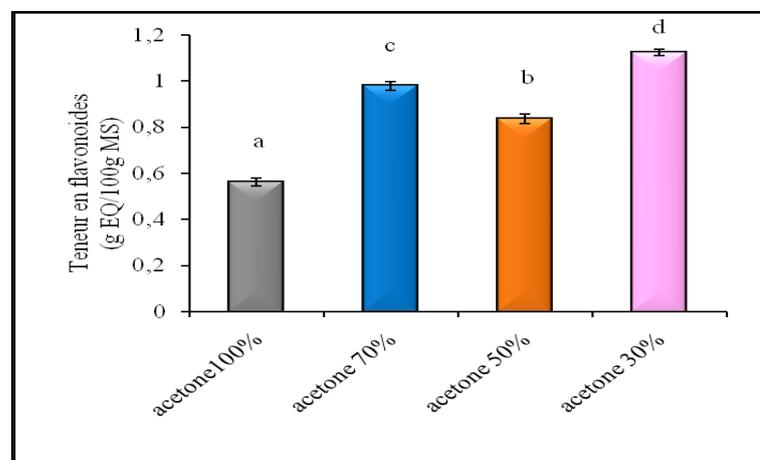


Figure 20 : Effet de la concentration du solvant d'extraction sur la teneur en flavonoïdes de *Chamaemelum nobile*.

La figure 20 montre que la meilleure teneur en flavonoïdes a été enregistrée par l'extrait préparé en utilisant l'acétone 30 %, avec une valeur de 1,12 g EQ/100g MS. Par contre la teneur la plus faible a été trouvée dans l'extrait obtenu en utilisant l'acétone pure avec une valeur de 0,56 g EQ/100g MS.

Les résultats obtenus montrent que plus les solvants sont dilués, plus les teneurs en composés phénoliques sont élevées, confirmant ainsi les résultats obtenus par Lapornik *et al.*, (2005).

III.3.1.3. Teneur en tannins condensés

L'analyse statistique des résultats obtenus a révélé une différence significative entre les teneurs en tanins condensés des extraits de *Chamaemelum nobile* préparés en utilisant l'acétone 100%, 70%, 50% qui sont de l'ordre de 14,36 ; 14,37 et 14,37 g EC/100g MS,

respectivement et l'extrait préparé par l'acétone 30% avec une teneur de 14,25 g EC/100g MS (Figure 21).

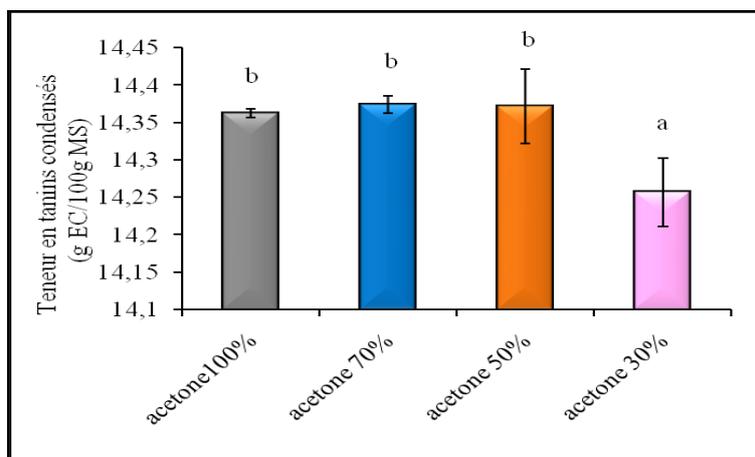


Figure 21: Effet de concentration du solvant d'extraction sur la teneur en tanins condensés de *Chamaemelum nobile*.

Selon **Brunton (2009)**, l'extraction des tanins est en règle générale réalisée par un mélange d'eau et d'acétone ce qui concorde avec les résultats de la présente étude. **Seigler et al., (1986)** ont aussi montrés, lors de leur étude sur quatre espèces d'*Acacia* (astéracées), que l'acétone à 70% a donné le meilleur rendement par rapport aux autres solvants testés. **Brun (1991)** rapporte également que l'acétone aqueux 70% permet une bonne solubilisation des composés phénoliques et limite celle des protéines.

L'utilisation de l'eau en combinaison avec des solvants organiques contribue à la création d'un milieu modérément polaire qui assure l'extraction des polyphénols, toutefois, l'addition importante en eau mène à un extrait ayant une teneur élevée en impuretés (acides organiques, glucides, protéines solubles) qui peuvent interférer dans le dosage des composés phénoliques (**Chirinos et al., 2007**). Selon **Zhao et Hall, (2008)**, les solvants 40-60% permettent d'obtenir des extraits avec une teneur plus élevée en composés phénoliques. L'acétone devrait être choisie parmi les autres solvants pour l'extraction des composés phénoliques car il réduit l'activité enzymatique et l'oxydation, particulièrement après décongélation ou broyage qui risque d'endommager la matière première.

III.3.2. Activité antioxydante

III.3.2.1. Activité «scavenger» du radical DPPH

L'étude statistique a montré une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du DPPH des extraits de *Chamaemelum nobile* selon la concentration du solvant d'extraction utilisé ($p < 0,05$) (Figure 22).

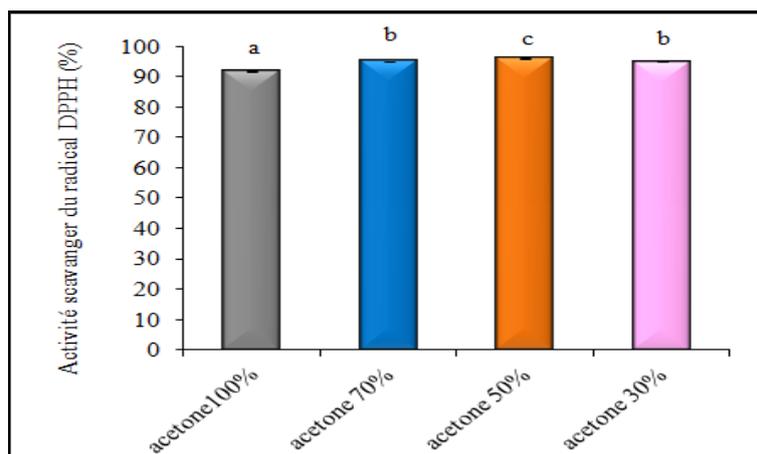


Figure 22 : Effet de la concentration du solvant d'extraction sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de *Chamaemelum nobile*.

D'après les résultats illustrés dans la figure 22 l'extrait préparé par l'acétone 50% a exercé l'activité antiradicalaire vis à vis du radical DPPH la plus élevée, avec un pourcentage de 96,12% suivi par l'extrait préparé par l'acétone 70% avec un pourcentage de 95,08%, alors que le plus faible pourcentage qui est de 91,86 % a été trouvé dans l'extrait obtenu en utilisant l'acétone 100%.

Turkmen et al., (2006) a révélé que les extraits préparés par les solvants dilués à 50%, ont inhibés le radical DPPH avec une capacité plus importante comparés à ceux préparé par le solvant pure.

III.3.2.2. Activité « scavenger » du radical ABTS

L'analyse statistique des résultats de l'activité « scavenger » du radical ABTS montre une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du radical ABTS selon la concentration du solvant d'extraction utilisé ($p < 0,05$) (**Figure 23**).

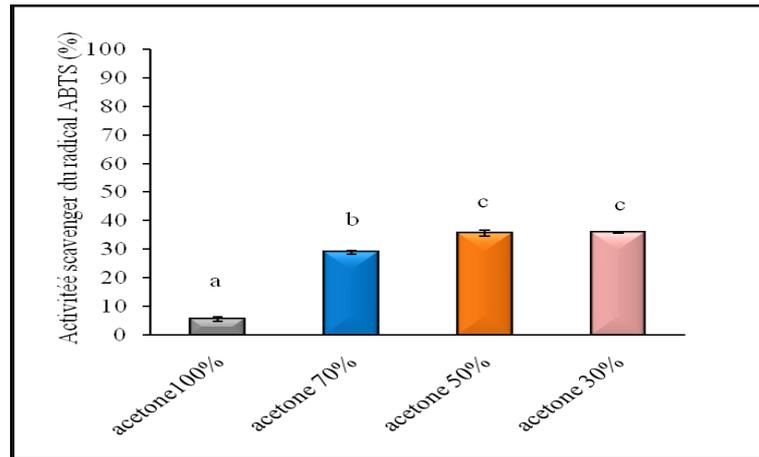


Figure 23 : Effet de la concentration du solvant d'extraction sur l'activité « scavenger » du radical ABTS de *Chamaemelum nobile*.

D'après la figure 23 il a été remarqué que l'acétone 30% a révélé la meilleure activité à piéger le radical ABTS (35,92%) alors que l'acétone pure a exercé la plus faible capacité avec un pourcentage de 5,63%.

Cette forte activité antiradicalaire vis à vis le radical ABTS peut être due à l'excès de cet extrait en composés phénoliques.

III.2.2.3. Pouvoir réducteur

L'analyse statistique des résultats de l'évaluation du pouvoir réducteur obtenus a révélé une différence significative entre les pouvoirs réducteurs des extraits de *Chamaemelum nobile* selon la concentration de l'acétone (**Figure 24**).

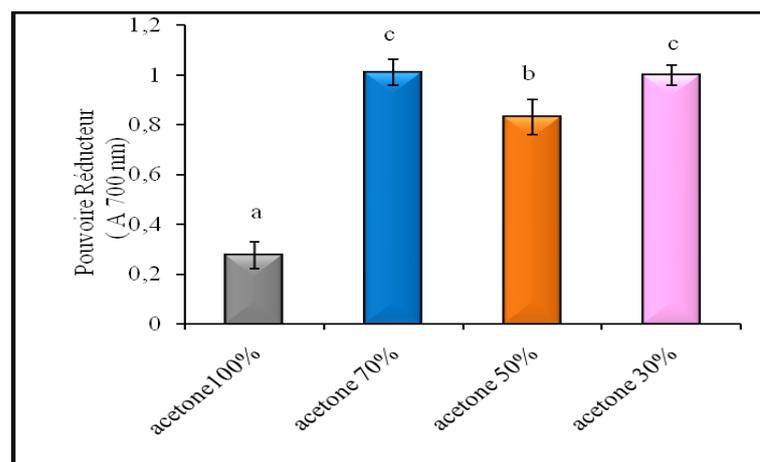


Figure 24 : Effet de la concentration du solvant d'extraction sur le pouvoir réducteur de *Chamaemelum nobile*.

La figure 24 indique que les meilleurs pouvoirs réducteurs obtenus sont ceux de l'acétone 70% et l'acétone 30%, avec des absorbances de l'ordre de 1,01 et 1,00, respectivement. Alors que l'acétone 100% a exercé la plus faible capacité de réduction de fer avec une valeur de 0,28.

Il apparaît que les extraits acétoniques à 50% et 70% qui sont les plus riches en composés phénoliques, exercent les meilleurs pouvoirs réducteurs du fer et du molybdate ; ceci confirme la contribution de ces composés phénoliques dans l'activité réductrice.

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Sousa *et al.*, (2008)**, qui ont démontrés que le pouvoir réducteur des extraits acétoniques (70%) d'olives de table exercent le meilleur pouvoir réducteur (3,42 g EAA/100g MS).

III.2.2.4. Activité réductrice du molybdate (TAC)

Les capacités des extraits de *Chamaemelum nobile* à réduire le molybdate sont différentes significativement selon la concentration du solvant d'extraction ($p < 0,05$) (**Figure 25**).

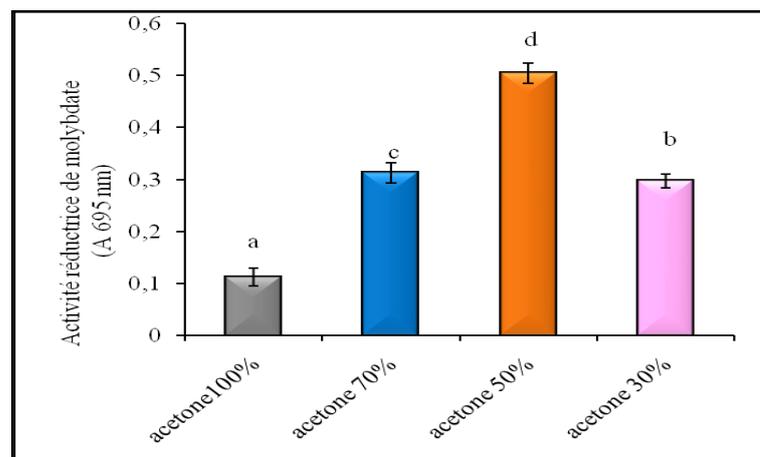


Figure 25 : Effet de la concentration du solvant d'extraction sur l'activité réductrice du molybdate de *Chamaemelum nobile*.

Suite à la figure 25 il a été remarqué que la meilleure capacité réductrice a été obtenue avec l'acétone 50% (0,51). Alors que la plus faible activité réductrice du molybdate a été déterminée avec l'acétone 100% avec une valeur de 0,11.

Les solvants organiques aqueux sont recommandés par de nombreux chercheurs car ils sont les meilleurs extracteurs des composés phénoliques que les solvants organiques purs. Différents auteurs signalent qu'il n'est pas souvent possible d'extraire la totalité des composés phénoliques présents dans une matière végétale avec les solvants purs, ainsi de nombreux

chercheurs recommandent l'utilisation de mélanges de solvants organiques aqueux (20 à 70% d'eau). Ils sont les meilleurs extracteurs car l'eau utilisée permet la rupture des liaisons entre composés phénoliques et d'autres constituants du végétal. Ainsi que la polarité des solvants organiques polaires augmente continuellement avec l'addition de l'eau (**Chavan et al., 2001**).

Selon **Scalbert (1992)** la polarité représente l'ensemble des propriétés moléculaires responsables des forces d'interactions entre le solvant et le soluté. En effet, l'eau est le solvant universel utilisé pour l'extraction et l'ajout d'une certaine quantité d'eau aux différents solvants organiques améliore l'efficacité d'extraction. Généralement le méthanol aqueux (50%) et l'acétone aqueux (70% et 50%) sont les plus utilisés, l'acétone s'est avéré selon divers chercheurs être le meilleur pour l'extraction des composés phénoliques.

Selon les travaux de **Rocha Guzman et al., (2007)**, sur l'estimation de l'activité antioxydante des composés phénoliques extraits à partir des graines de *Phaseolus vulgaris*, l'acétone à 70 % s'est révélé la meilleure phase extractive des composés phénoliques par rapport au méthanol à 50% et cette différence a été interprétée par la richesse de la plante en hydrates de carbone et protéines qui forment des complexes stables avec les composés phénoliques. Ces complexes sont beaucoup plus extractibles par l'acétone que par le méthanol.

III.4. Effet du rapport solide/liquide

Le volume de solvant, ou rapport masse de poudre/volume du solvant, est un facteur influençant l'extraction de polyphénols.

Afin d'étudier l'influence de volume du solvant sur l'extraction des composés phénoliques les rapports suivants : 0,1g/20ml ; 0,2g/20ml ; 0,4g/20ml et 0,6g/20ml, ont été testés, en utilisant comme solvant d'extraction l'acétone 50%.

III.4.1. Extraction des composés phénoliques

III.4.1. Teneur en polyphénols totaux

L'étude statistique montre que les teneurs en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*, présentent des différences significatives selon le rapport solide/liquide testé ($P < 0,05$) (**Figure 26**).

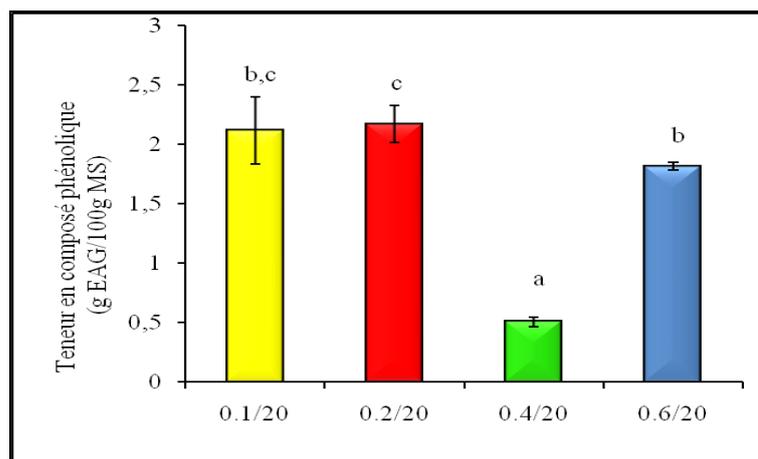


Figure 26 : Effet du rapport solide/liquide d'extraction sur la teneur en composés phénoliques de *Chamaemelum nobile*.

D'après les résultats obtenus dans la figure 26 la teneur en composés phénoliques la plus élevée a été trouvée en appliquant le rapport 0,2g/20ml (2,17 g EAG/100g MS), alors que la teneur la plus faible a été obtenue en utilisant le rapport 0,4g/20ml (0,51 g EAG/100g MS).

L'objectif de l'étape d'extraction des composés phénoliques à partir des végétaux est de libérer ces composés des vacuoles où ils se trouvent. L'extraction solide-liquide met en jeu des mécanismes moins bien connus. En effet, le solvant doit franchir la barrière solide-liquide, dissoudre le principe actif à l'intérieur du solide et le soluté doit ressortir du solide. L'entrée du solvant se fait par mécanisme osmotique et la sortie du soluté par diffusion. L'extraction s'effectue par transport des particules réduites en utilisant un homogénéisateur où la substance à traiter est interposée au solvant qui servira à l'extraction (**Escribano-Bailon et Santos-Buelga, 2003**).

III.4.1.2. Teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes trouvée dans la présente étude varient de manière significative selon le rapport solide/liquide testé ($P < 0,05$) (**Figure 27**).

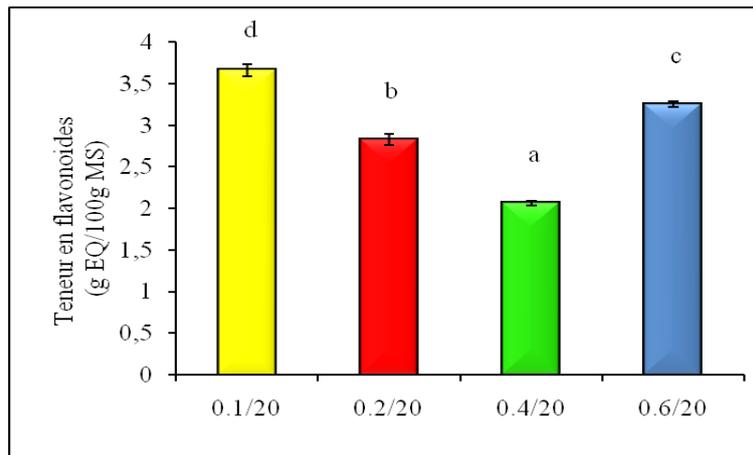


Figure 27 : Effet du rapport solide/liquide sur la teneur en flavonoïdes de *Chamaemelum nobile*.

La figure 27 indique que la meilleure teneur en flavonoïdes a été enregistrée par l'extrait préparé en utilisant le rapport 0,1g/20ml, avec une valeur de 3,66 g EQ/100g MS. Par contre la teneur la plus faible a été trouvée dans l'extrait obtenu en utilisant le rapport 0,4g/20ml, avec une valeur de 2,07 g EQ/100gMS.

III.3.1.3. Teneur en tannins condensés

L'analyse statistique révèle que la teneur en tanins condensés varie selon le rapport solide/liquide utilisé ($P < 0,05$) (**Figure 28**).

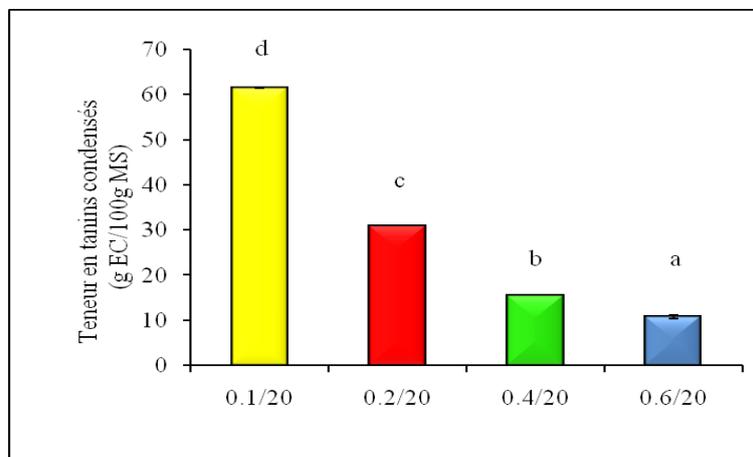


Figure 28 : Effet du rapport solide/liquide sur la teneur en tanins condensés de *Chamaemelum nobile*.

Les résultats illustrés dans la figure 28 montrent que l'extraction en appliquant le rapport 0,1g/20ml a donné la teneur la plus élevée en tanins condensés avec une valeur de 61,48 g EC /100g MS. Par contre la plus faible teneur a été trouvée dans l'extrait préparé avec le rapport 0,6g/20ml, avec une valeur de 10,73 g EC/ 100g MS.

III.3.2. Activité antioxydante

III.4.2.1. Activité «scavenger» du radical DPPH

L'étude statistique a montré une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du DPPH des extraits condensés de *Chamaemelum nobile* selon le rapport solide/liquide utilisé ($p < 0,05$) (Figure 29).

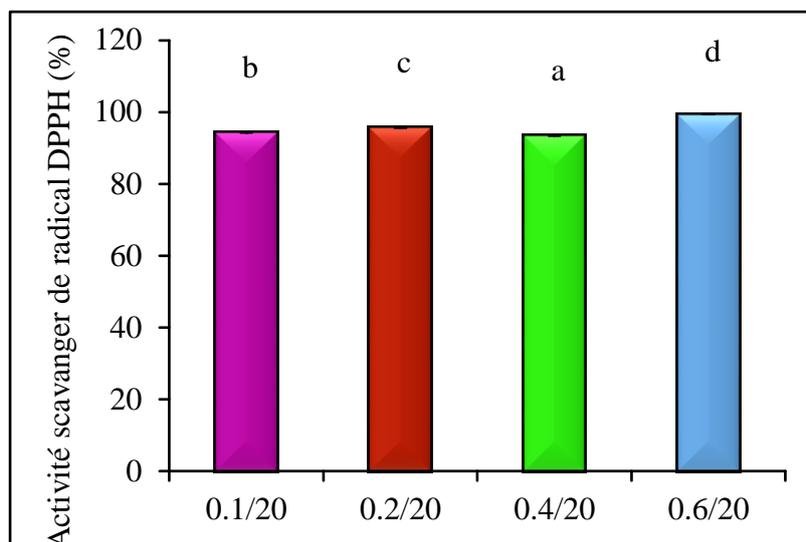


Figure 29 : Effet du rapport solide/liquide sur l'activité «scavenger» du radical DPPH de *Chamaemelum nobile*.

Les résultats obtenus dans la figure 29 révèlent que l'extrait préparé par le rapport solide/liquide 0,6g/20ml a exercé l'activité antiradicalaire vis à vis du radical DPPH la plus élevée, avec un pourcentage de 99,39%, suivi par l'extrait préparé par le rapport 0,2g/20ml avec un pourcentage de 95,71%, alors que le plus faible pourcentage qui est de 93,48 % a été trouvé dans l'extrait obtenu en utilisant le rapport 0,4g/20ml.

III.4.2.2. Activité « scavenger » du radical ABTS

Les résultats de l'activité « scavenger » du radical ABTS de *Chamaemelum nobile* sont représentés dans la figure 30. L'analyse statistique des résultats de l'activité « scavenger » du radical ABTS montre une différence significative entre les pourcentages d'inhibition du radical ABTS selon le rapport solide/liquide utilisé ($p < 0,05$).

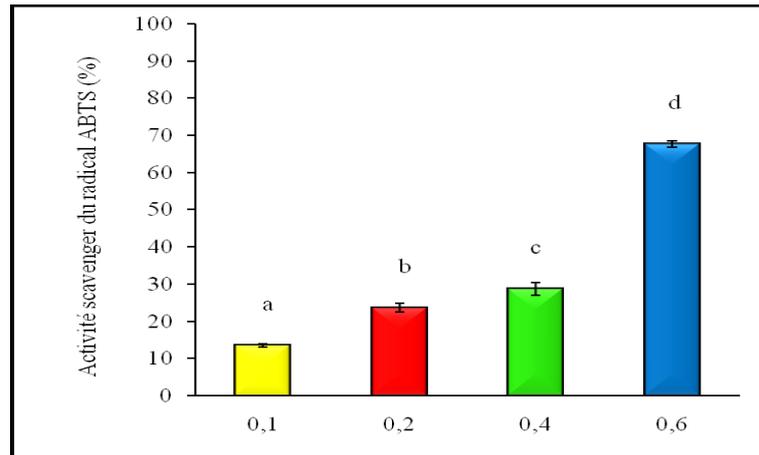


Figure 30 : Effet du rapport solide/liquide sur l'activité « scavenger » du radical ABTS de *Chamaemelum nobile*.

Les résultats obtenus dans la figure 30 révèlent que le rapport 0,6g/20ml a présenté la meilleure activité à piéger le radical ABTS (67,64%) alors que le rapport 0,1g/20ml a exercé la plus faible capacité (13,46%).

Cette forte activité pourrait être due à la richesse de cet extrait en composés phénoliques, flavonoïdes et tanins.

III.4.2.3. Pouvoir réducteur

L'analyse statistique des résultats de l'évaluation du pouvoir réducteur obtenus a révélé une différence significative entre les pouvoirs réducteurs des extraits de *Chamaemelum nobile* préparés en utilisant différents rapport S/L ($p < 0,05$) (**Figure 31**).

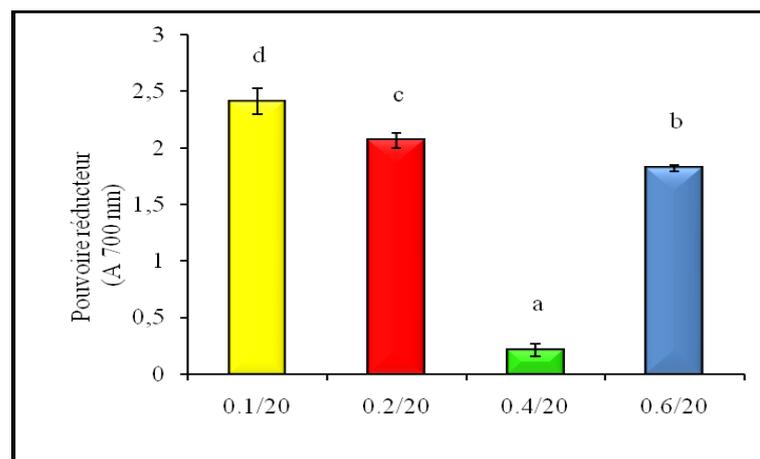


Figure 31 : Effet du rapport solide/liquide sur le pouvoir réducteur de *Chamaemelum nobile*.

Selon les résultats obtenus dans la figure 32, il a été remarqué que le meilleur pouvoir réducteur obtenu est celui de l'extrait dont le rapport est de 0,1g/20ml, avec une valeur de

2,41. Alors que l'extrait de rapport 0,4g/20ml a exercé la plus faible capacité de réduction de fer avec une valeur de 0,21.

III.4.2.4. Activité réductrice du molybdate (TAC)

Les capacités des extraits de *Chamaemelum nobile* à réduire le molybdate sont différentes significativement selon le rapport solide/liquide ($p < 0,05$) (**Figure 32**).

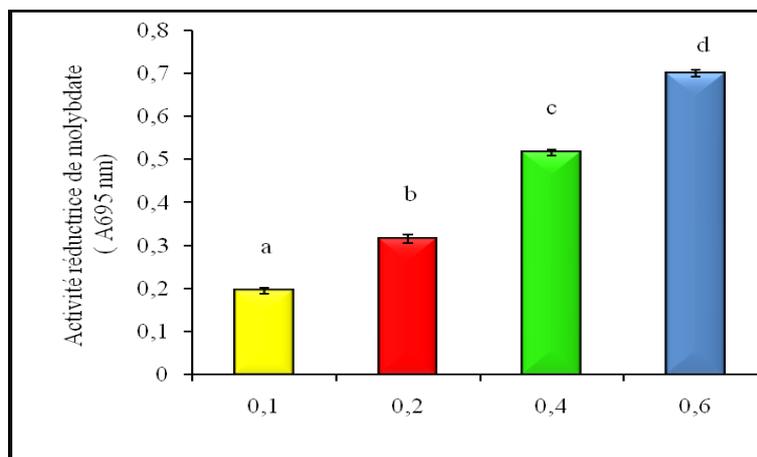


Figure 32 : Effet du rapport solide/liquide sur l'activité réductrice du molybdate de *Chamaemelum nobile*.

La figure 32 indique que la meilleure capacité réductrice 0,70 a été obtenue avec le rapport 0,6g/20ml. Alors que la plus faible activité réductrice du molybdate a été déterminée avec le rapport 0,1g/20ml avec une valeur de 0,20.

Ces résultats sont compatibles avec le principe du transfert de la matière, où la force de transmission durant ce transfert est le gradient de la concentration de soluté entre le solide et le liquide. Cette force devient importante lorsque le rapport solide/liquide utilisé est plus élevé (**Gaboriaud, 1996**).

En conclusion, l'ensemble des résultats des effets exercés par les facteurs considérés montre que le volume du solvant est un facteur très significatif. Cela peut s'expliquer par les effets multiplicateurs du traitement préalable et le potentiel en composés extractibles élevé. En pénétrant plus profondément dans la matrice solide, le solvant peut entrer au contact avec une quantité plus grande de soluté, favorisant ainsi la libération des composés phénoliques. Le grand pouvoir d'imprégnation fait diminuer la résistance liée au transfert de matière interne et l'extraction est principalement limitée par la solubilité des solutés-cibles dans le solvant.

CONCLUSION
ET

PERSPECTIVES

Actuellement, un grand nombre des plantes médicinales possèdent des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir la médecine et la pharmacie. L'extraction solide-liquide est hautement influencée par plusieurs paramètres tel que : le diamètre d'extraction, la nature et la concentration du solvant d'extraction, et le rapport solide/liquide.

Les résultats obtenus présentent des différences significatives selon la méthode employée, l'échantillon étudié et la concentration testée ($p < 0,05$).

Le protocole d'extraction utilisé pour l'optimisation a permis d'obtenir les meilleurs teneurs en phénols totaux avec le diamètre 125 μm (1,25 g EAG/100g MS), acétone 50% comme meilleur solvant (3,41 g EAG/100g MS) et un rapport solide/liquide de 0,2g/20ml (2,17 g EAG/100g MS).

De même la détermination du contenu en flavonoïdes, nous mènent à déduire que les meilleurs teneurs en flavonoïdes sont obtenus avec le diamètre 125 μm (0,37 g EQ/100g MS), acétone 30% (1,12 g EQ/100g MS) et un rapport solide/liquide 0,1g/20ml (3,66 g EQ/100g MS).

Concernant le taux en tanins condensés, le diamètre 125 μm révèle la meilleure teneur (0,82 g EC /100g) avec l'acétone 50%, 70% et 100% (14,37 g EC/100g MS) et un rapport solide/liquide 0,1g/20ml (61,48 g EC /100g MS).

Les résultats de la présente étude, ont révélés que les extraits de *Chamamelum nobile* ont une activité antioxydante qui varie toujours en fonction du diamètre d'extraction, la nature et la concentration du solvant d'extraction, et le rapport solide/liquide. Les extraits de *Chamaemelum nobile* ont exercés une bonne activité antiradicalaire vis-à-vis du radical DPPH et de l'ABTS, une bonne activité réductrice de molybdate et de pouvoir réducteur.

Les activités antioxydantes exercées par les extraits de *Chamamelum nobile* ont été obtenues dans les conditions suivantes : le diamètre 125 μm , méthanol 50%, éthanol 50% et l'acétone avec différentes concentrations (30%, 50%, 70%) comme meilleurs solvants d'extraction et le rapport solide/liquide est 0.6g/20ml.

Les résultats de l'optimisation montrent que le diamètre 125 μm , acétone 50% et 70%, et le rapport solide/liquide 0.6g/20ml et 0.1g/20ml sont les plus efficace pour l'extraction des polyphénols et la caractérisation de leur activité antioxydante.

En termes de perspectives et dans le but de compléter ce travail à l'avenir, il serait intéressant de :

- ✚ Elargir le cadre de l'optimisation des conditions d'extraction des composés phénoliques par l'utilisation d'autres méthodes d'extraction, avec l'étude de l'effet des autres paramètres comme : la variation du PH, la température et le temps d'extraction.
- ✚ Déterminer de nouvelles molécules bioactives naturelles ayant la capacité de répondre aux différents problèmes de la santé et d'être l'alternative des médicaments synthétiques.
- ✚ Elargir le panel des activités antioxydantes *in vivo* et *in vitro* et pourquoi pas d'autres tests biologique : anti-cancéreuse et anti-inflammatoire.
- ✚ Caractériser et isoler des principes actifs responsables à ces propriétés pharmacologiques.
- ✚ Etudier l'effet synergique avec d'autres plantes.

REFERENCE

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Al-Farsi M.A., Lee C.Y. (2008).** Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*, 108: 977-985.
- **ALi Esmail Al-Snafi. (2016).** Medical importance of *Anthemis nobilis* (*Chamaemelum nobile*). *Asian Journal of pharmaceutique Science and technology*, 6: 89-95.
- **Antolovich M., Prenzler P., Patsalides E., McDonald S et Robards K. (2002).** Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, 127: 183-198.
- **Bijoy M., Jayati S., Prabir K. (2008).** Antioxidant activities of soybean as affected by Bacillus-fermentation to kinema. *Food Research International*, 1: 586–593.
- **Bonnaillie C., Salacs M., Vassiliova E., Saykova I. (2012).** Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea L.*). *Revue de génie industriel*, 7: 35-45.
- **Bousselsela H ., Benhouda A., Yahia M., Benbia S., Ghecham A., Zidani A. (2012).** In vitro evaluation of antioxidant and antibacterial activities of extracts of *Hertia cheirifolia*'s leaves. *Natural Science* ,11 (4) : 825-831.
- **Bruneton J. (2009).** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Paris: 4^{ème} ed Tec & Doc Lavoisier. 227-238p.
- **Brun N. (1991).** *Les tannins de la féverole (Vicia Faba L., Legumineuseae) Diversité chimique et variétale*. Thèse de Doctorat, Université de Lyon I , p.167.
- **Chaalal M., Touati N et Louaileche H. (2012).** Extraction of phenolic compounds and *in vitro* antioxidant capacity of prickly pear seeds. *Acta Botanica Gallica*, 159 (4):467–475.
- **Chavan U.D., Shahidia F et Naczkb M. (2001).** Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus L.*) as affected by different solvents. *Food Chemistry, Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section*, 75: 509–512.
- **Chirinos R., Rogez H., Campos D., Pedreschi R., Larondelle Y. (2007).** Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology* ,55: 217-225.
- **Classification AGP3**
- **Couplan F. (2000).** *Dictionnaire étymologique de botanique*. Paris, France: Delachaux et Niestlé. p38

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P et Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97: 654-660.
- **Duong T., phan T., HA T. (2015).** Effects of extraction process on phenolic content and antioxidant activity of soybean. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(1-2): 33-38.
- **Escribano-Bailon M.T., Santos-Buelga C. (2003).** extraction from foods. Methods in polyphenol analysis :1-16.
- **Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdelly C. (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus L.* organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331: 372-379.
- **Floegel A ., Kim D.O ., Sang-Jin Chung S.J., Koo S.I et Chun O.K. (2011).** Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 : 1043-1048.
- **Gardiner P.(2007).** Complementary, Holistic, and Integrative Medicine: Chamomile. *Pediatr Rev*,28:16–18.
- **Gaboriaud R. (1996).** *Physico-chimie des solutions: cours et problèmes corrigés.* Masson: 208-228p.
- **Han X., Shen T et Lou H. (2007).** Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular sciences review*, 8:950-988.
- **Ignat I., Volf I., Popa V. (2011).** A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126: 1821-1835.
- **Jayaprakasha G.K., Girenavar B., Patil S. B. (2008).** Radical scavenging activities of Rio Red grape fruits and Sour orange fruit extracts in different in vitro model systems. *Bioresource Technology*, 99: 4484–4494.
- **Ju E.M., Lee S.E., Hwang H.J et Kim J.H. (2004).** Antioxydant and anticancer activity extract from *Betula platyphylla* var. *Japonica* *Life science*. 74:1013-1026.
- **Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.I., Rauha J., Pihlaja K., Kujala T.S et Heinonen. (1999).** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47: 3954-3962.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Khacheba I., Djeridane A et Yousfi M. (2014).** Twenty traditional Algerian plants used in diabetes therapy as strong inhibitors of alpha amylase activity. *International Journal of carbohydrate chemistry*, 212-218.
- **Kroyer G et Hegedus N. (2001).** Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2: 171-174.
- **Lamaison J.L.C et Carnet A. (1990).** Teneurs en principaux flavonoïdes des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret D.C) en fonction de la végétation. *Pharmaceutica Acta Helveticae*, 65: 315-320.
- **Lapornik B., Prošek M et Wondra A.G. (2005).** Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71: 214-222.
- **Maja D., Verica D.U., Marija P., Mladen B., Tomislav B et Branka L. (2012).** The Effect of Extraction Solvents, Temperature and Time on the Composition and Mass Fraction of Polyphenols in Dalmatian Wild Sage (*Salvia officinalis* L.) Extracts. *Food Technol. Biotechnol*, 51 (1): 84–91.
- **Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C et Liliana J. (2004).** Polyphenols: Food sources bioavailability. *American Society for clinical Nutrition*, 79: 727-747.
- **Martin S. R et Andriantsitohaina. (2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 51 : 304–315.
- **Megdich K.W., Trabelsi N., Mkadmini K., Bourgou S., Noumi A., Snoussi M., Barbia R., Tebourbi O et Ksouri R. (2015).** *Artemisia campestris* phenolic compounds have antioxidant and antimicrobial activity. *Industrial Crops and products*, 63: 104-113.
- **Metrouh-Amir H., Duarte C.M.M et Maiza F. (2015).** Solvent effect on total phenolic contents, antioxidant, and antibacterial activities of *Matricaria pubescens*. *Industrial Crops and Products*, 67: 249-256
- **Mohsen S.M. et Ammar A.S.M. (2009).** Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. *Food Chemistry*, 112, 595–598.
- **Mukhopadhyay S., Luthria D.L et Robbins R.J. (2005).** Optimization of extraction process for phenolic acids from black cohosh (*Cimicifuga racemosa*) by pressurized liquid extraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 156 - 162.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Naczki M et Shahidi F. (2006).** Phenolic in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1523-1542.
- **Pelt J.M. (2008).** *Plantes médicinales: Traditions et thérapeutique*. Ouest France: Edition de chêne.189p.
- **Pillonel N., Fisher S et Baroffio. (2012).** Origine du dépérissement de la camomille romaine. Plante aromatiques et médicinales. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 44 (4): 234–241.
- **Price M.L., Vanscoyoc S et Butler G. (1978).** Evaluation of vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Food Chemistry*, 26: 1210-1218.
- **Prieto P., Pineda M et Aguilar M. (1999).** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphor molybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269: 337-341.
- **Rocha G.N.E., Herzog A., Gonzalez L.R.F., Ibarra P.F.J., Zambrano G.G. et Galegos I. J.A. (2007).** Antioxydant and antimutagenic activity of phenolic compounds in three different colour groups on common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of food chemistry* , 103: 521-527.
- **Rombi M. (2007).** *120 plantes médicinales : composition, mode d'action et intérêt thérapeutique*. Alpen: 3e édition. p284.
- **Re R., Pellegrini N., Proteggebnte A., Pannala A., Yang M et Rice E.C. (1999).** Antioxydant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237.
- **Scalbert A. (1992).**Quantitative methods for the estimations of tannins in plants tissues. Plant polyphenols. *Plenum Press*,259-280.
- **Seigler D.S., Seilheimer S., Keesy J., Huang H.F. (1986).** Tannins from four common *Acacia* species of Texas and Northeastern Mexico. *Economic botany*, 40(2):220-232.
- **Sharafzadeh S et Alizadeh O. (2011).**German and Roman Chamomile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(10):01-05.
- **Silva E., Rogez H., Larondelle Y. (2007).** Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, 55:381-387.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Singleton V et Rossi A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybde-phosphotungstic acids reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158
- **Sousa A., Ferreira I.C.F.R., Barros L. Bento A et Pereira J.A. (2008).** Effect of solvent and extraction temperatures on the antioxidant potential of traditional stoned table olives ‘‘alcaparras’’. *Food Science and Technology*, 41: 739-745.
- **Srivastava J.K., Shankar E et Gupta S. (2010).** Chamomile: A herbal medicine of the past with a bright future. *Mol Med Rep*, 3: 895–901.
- **Swain T et Hills W.E. (1959).** The phenolics constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolics constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10: 63-68.
- **Turkmen N., Sari F., Velioglu Y.S. (2005).** The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93: 713–718.
- **Turkmen N., Sari F et Velioglu Y.S. (2006).** Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99: 835-841.
- **Virginie G., Espérance M.S., Guévara N., Reine B.A.G., Pascal A.D et Dominique S.C. (2015).** study and evaluation of granulometry influence on the natural polyphenols kinetic extraction from *Pterocarpus erinaceus* acclimated in Benin]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12: 325p.
- **Yang X.M., Yu W., Ou Z. P., Liu W.M et Ji X.I. (2009).** Antioxidant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica L. fruit*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64: 167-173.
- **Yap C., Ho C., Aida W.W., Chan S., Lee C et Leong Y. (2009).** Optimization of extraction conditions of total phenolic compounds from star fruit (*Averrhoa carambola L.*) residues. *Sains Malaysiana*, 38: 511-520.
- **Yildirim A., Oktay M et Bilaloğlu V. (2001).** The antioxidant activity of the leaves of *Cydonia vulgaris*. *Turkish Journal of Medical Science*, 31: 23-27.
- **Zhao B et Hall C.A. (2008).** Composition and antioxidant activity of raisin extracts obtained from various solvents. *Food Chemistry*, 108, 511-518.

ANNEXES

Annexe I

Courbes d'étalonnages

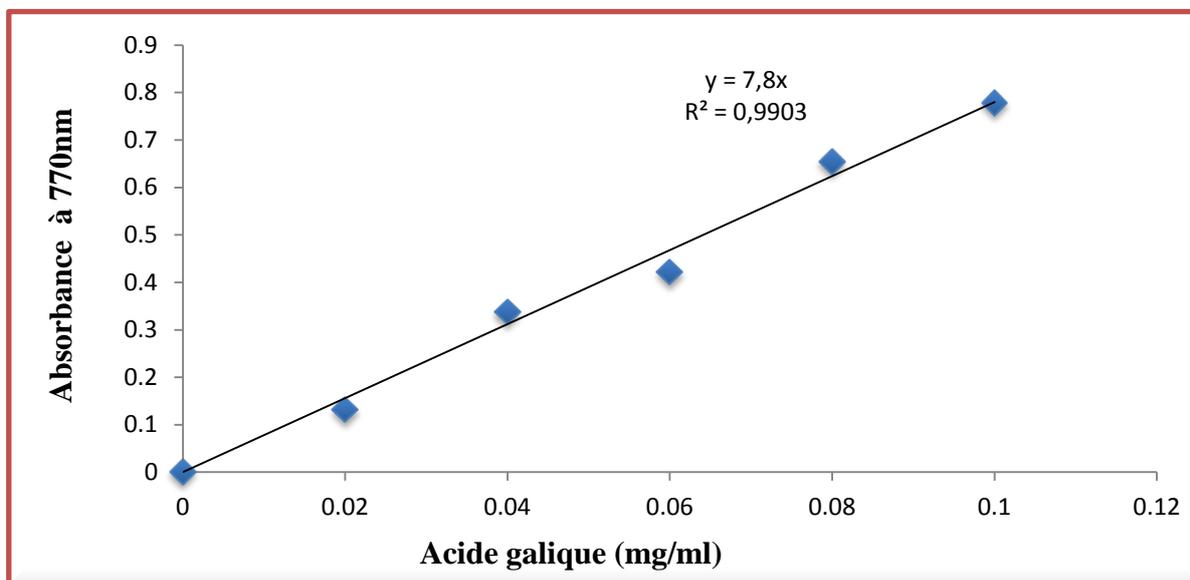


Figure 01 : Droite d'étalonnage des composés phénoliques.

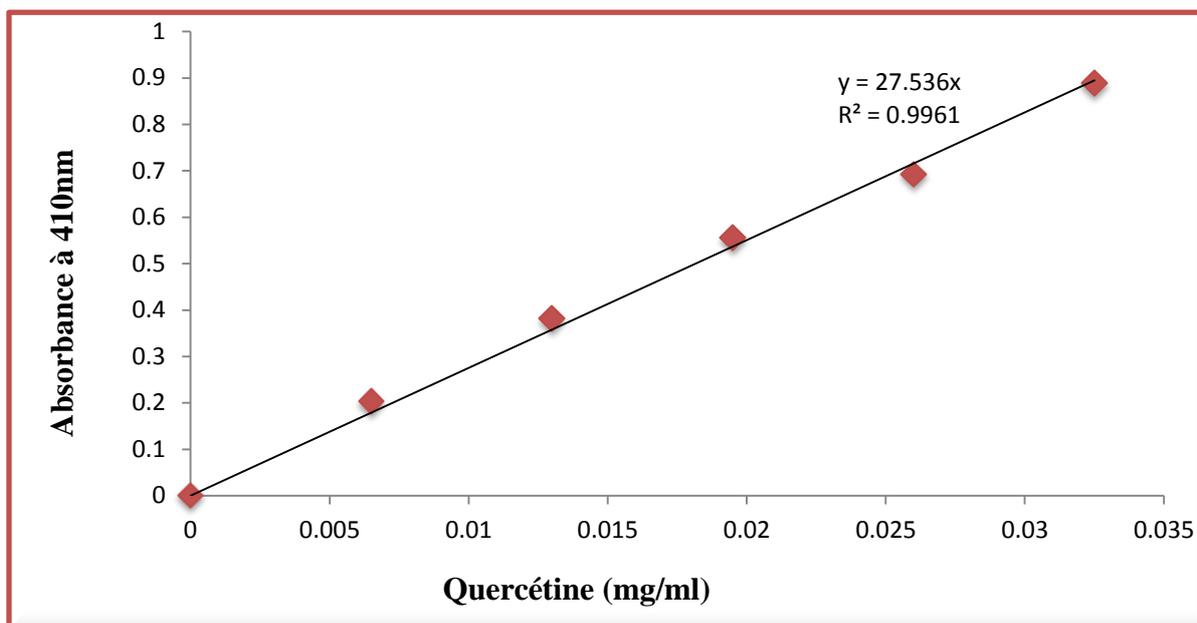


Figure 02 : Droite d'étalonnage des flavonoïdes.

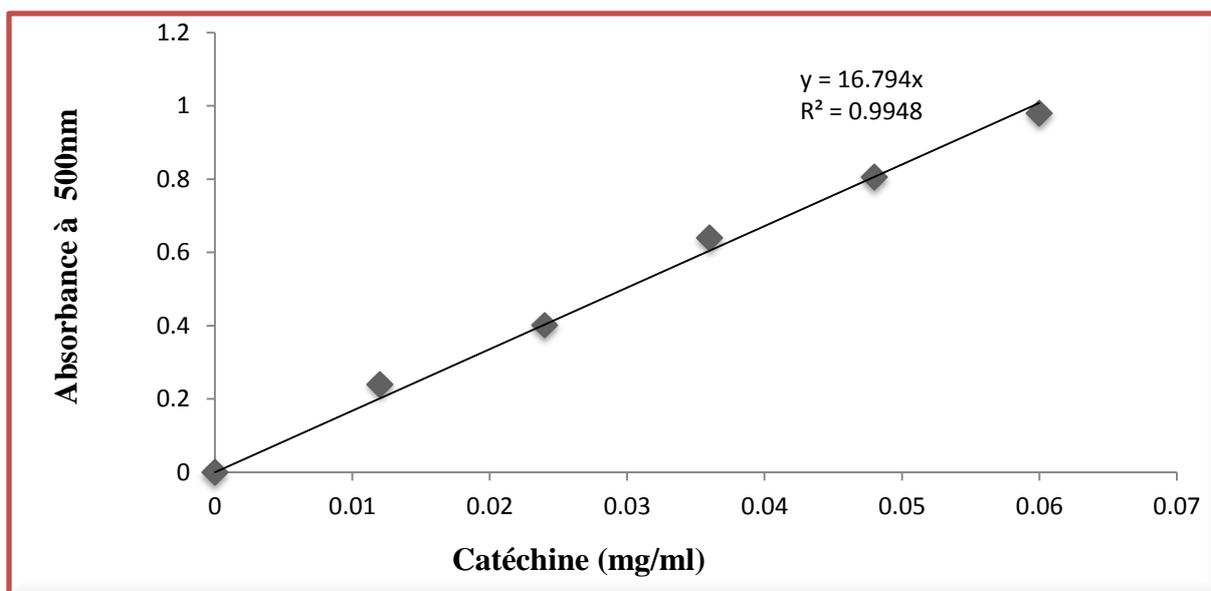


Figure 03 : Droite d'étalonnage des tanins condensés.

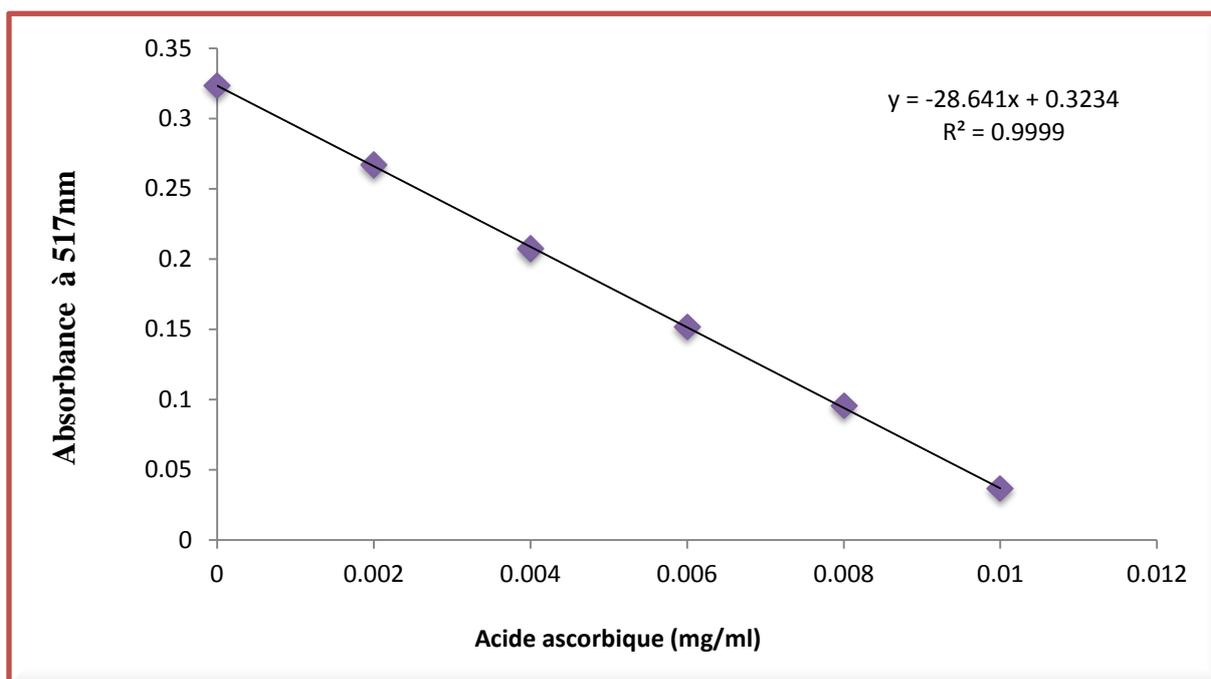


Figure 04 : Droite d'étalonnage du radical DPPH.

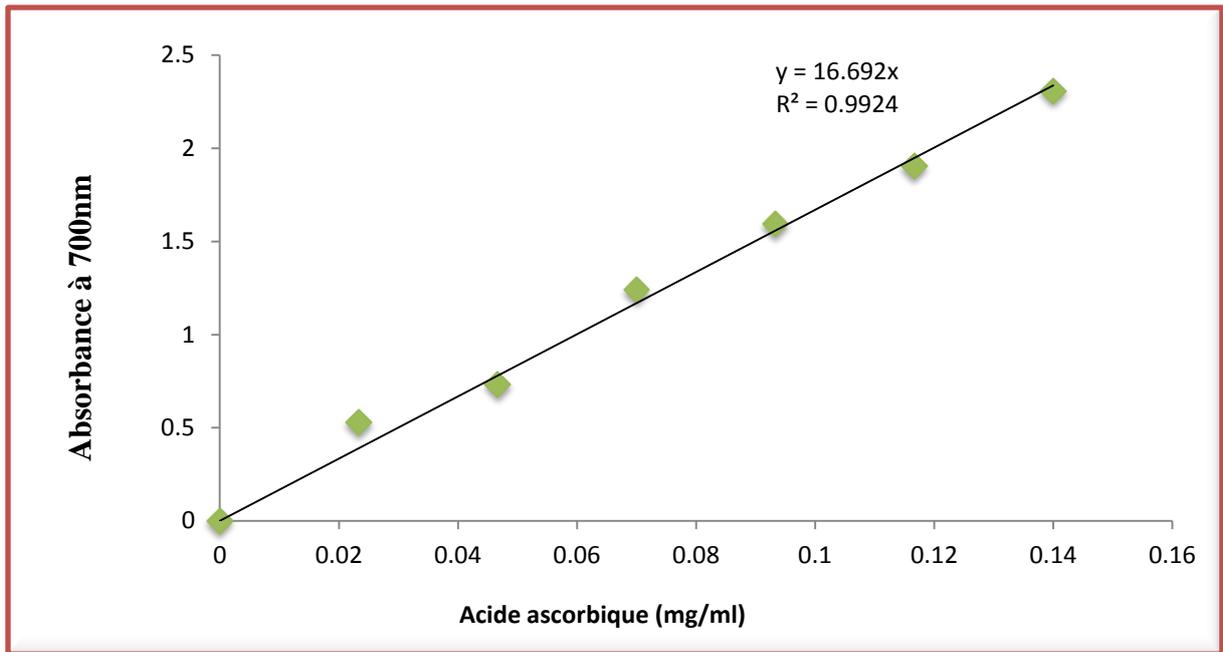


Figure 05 : Droite d'étalonnage du pouvoir réducteur.

Annexe II

Préparation des solutions de dosages

- **Tampon de phosphate (0,2 M. PH 6,6)**

K₂ HPO₄ (base)

K₂ HPO₄ 34,8g

H₂ O 1000ml

KH₂ PO₄ (acide)

KH₂ PO₄ 27,2g

H₂ O 1000ml
- **Fercyanidine de potassium (1%).**

Fer K 1g

H₂ O 100ml
- **Acide trichloracétique TCA (10%)**

TCA 10g

H₂ O 100ml
- **FeCl₃ (0,1%)**

FeCl₃ 0,1g

H₂ O 100ml
- **Carbonate de sodium (Na₂ CO₃ 7,5%)**

Na₂ CO₃ 7,5g

H₂ O 100ml
- **Folin-coicalteu (FC)**

FC 5ml

H₂ O 45ml
- **Chlorure d'aluminium (2%)**

AlCl₃ 2g

Méthanol 100ml
- **La vanilline**

La vanilline 1g

Acide sulfurique (70%) 100ml

- **solution préparée en mélangeant 0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium**

3.2ml acide sulfurique +0,46g de N_3PO_4 +0,078g molybdate d'ammonium

H₂O 100ml

- **solution DPPH**

DPPH.....2,37mg

Méthanol..... 100ml

Annexe III

Matériels et produits chimiques utilisés

Tableau I: Matériels et produits chimiques utilisés dans le laboratoire

Matériels	Appareils
Béchers.	Plaque magnétique agitatrice.
Cuves.	Balance analytique de précision (RADWAG).
Eprouvettes graduées.	Etuve (BINDER, MEMMERT, BD53).
Tubes à essais.	PH-mètre (HANNA).
Erlenmeyer.	Réfrigérateur 4°C.
Entonnoirs.	Spectrophotomètre (SHIMADZU).
Fioles.	Bain marie (MEMMERT).
	Appareille de tamisage.
	Tamiseur granulométries.
	Broyeur électrique (KIKA).
	Micropipette (GLASSCO).
	Vortex (VELP).

❖ Produits chimiques utilisés

L'eau distillée, l'acétone 50%, le méthanol 50%, l'éthanol 50%, Folin-Ciocalteu (1N), carbonate de sodium (NaCO_3), chlorure d'aluminium (AlCl_3), le réactif de la vanilline, acide sulfurique (H_2SO_4), phosphate de sodium (Na_3PO_4), molybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_2\text{MnO}_4$), DPPH, quercétine ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$), acide gallique ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$), catéchine ($\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$), acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), tampon phosphate ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$), ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$), chlorure ferrique (FeCl_3), acide trichloracétique ($\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}_2$), ABTS, persulfate de potassium.

GLOSSAIRE

Glossaire

Termes botaniques

- **Akène** : Fruits sec et indéhiscent ne contenant qu'une graine. Le nom peut aussi s'écrire « achaine ».
- **Bractées** : Petites feuilles accompagnant les pédoncules ou les fleurs et différentes des autres.
- **Capitule floral** : Est un type d'inflorescence. Il s'agit de fleurs sans pédoncules regroupées sur Un réceptacle, entourées de bractées.
- **Fleurons tubulés** : Sont des fleurs de taille réduite.
- **Herbacée** : Vert ou ayant la consistance molle de l'herbe par opposition à ligneux.
- **Infusion** : Solution obtenue en versant de l'eau bouillante sur la plante 5 à 10 minutes suivant les espèces.
- **Involucre** : Capitaux dans le domaine de la botanique, désigne une collerette d'écailles ou de bractées libres et compactes ou soudées.
- **Ligulés** : Une pièce foliaire correspondant à une languette membraneuse, parfois remplacée par une rangée de poils, voire absente, située à la jonction de la gaine et du limbe des feuilles, dans le prolongement de la gaine.
- **Lobe** : Découpeure large et courbe des organes végétaux
- **Sessiles** : Se dit d'un organe inséré directement sur le support (fleur sans pédoncule ou feuille sans pétiole).
- **Tige** : Organe végétal de forme allongée, généralement aérien, qui porte les feuilles et permet le transport de la sève.
- **Velu** : Couvet de poils fins et souples de longueur variable.
- **Vivace** : Se dit d'une plante qui vit plus d'un an, qu'elle soit à floraison unique ou à floraisons multiples.
- **Souche rampante** : Ensemble enfoui dans le sol des portions vivaces de la base de la tige, sur lesquelles des bourgeons sont présents.

Résumé

Ce travail consiste en premier lieu à extraire les composés phénoliques de la plante entière issue de la région de Akbou (BEJAIA): *Chamaemelum nobile* (Asteracées). Cette plante a été soumise à une extraction solide-liquide avec une optimisation des conditions d'extraction à savoir : le diamètre de la poudre, la nature et la concentration du solvant d'extraction, rapport solide-liquide. Les extraits de *Chamaemelum nobile* ont révélés que le diamètre 125 µm, l'acétone 50%, rapport 0.1g/20ml ont donnés les meilleures teneurs en polyphénols avec des valeurs de (1,25 g EAG/100g MS); (3,41 g EAG/100g MS) et (2,17 g EAG/100g MS); respectivement. Alors que la teneur en flavonoïdes des extraits de cette plante est attribuée avec le diamètre 125 µm (0,37 g EQ/100g MS), acétone 30% (1,12 g EQ/100g MS) et rapport solide-liquide 0.1g/20ml (3,66 g EQ/100g MS). Quant à l'évaluation en tanins condensés, la meilleure teneur a été obtenue par le diamètre 125 µm (0,82 g EC /100g MS) avec l'acétone 50%, 70% et 100% (14,37 g EC/100g MS) et un rapport solide/liquide 0,1g/20ml (61,48 g EC /100g MS). L'activité antioxydante des extraits a été testés par les méthodes suivantes: DPPH, ABTS, pouvoir réducteur, TAC; on a constatés que le diamètre 125 µm, méthanol 50%, éthanol 50% et l'acétone avec différentes concentrations (30%, 50%, 70%) comme meilleurs solvants d'extraction et le rapport solide/liquide est 0.6g/20ml.

Mots clés: *Chamaemelum nobile*, optimisation, composés phénoliques, activité antioxydante.

Abstract

This job is primarily to remove phenolic compounds from the entire plant which is from the region of Akbou (BEJAIA): *Chamaemelum nobile* (Asteraceae). This plant was subjected to a solid-liquid extraction with an optimization of the extraction conditions: diameter of the powder, the nature and the concentration of the extraction solvent, solid-liquid ratio. *Chamaemelum nobile* extracts revealed that the diameter 125 µm, acetone 50%, ratio 0.1g / 20ml gave the best polyphenol contents with values of (1.25 g GAE / 100g); (3.41 g GAE / 100g) and (2.17 g GAE / 100g); respectively. While the flavonoid content of the extracts of this plant is attributed with the diameter 125 µm (0.37 g QE / 100g), acetone 30% (1.12 g QE / 100g MS) and solid-liquid ratio 0.1g / 20ml (3.66 g QE / 100g MS). As for the evaluation in condensed tannins, the best content was obtained by the diameter 125 µm (0.82 g CE / 100 g) with acetone 50%, 70% and 100% (14.37 g CE / 100 g MS) and a solid / liquid ratio of 0.1 g / 20 ml (61.48 g CE / 100 g). The antioxidant activity of the extracts was tested by the following methods: DPPH, ABTS, reducing activity of iron, TAC, it was found that the diameter 125 µm, methanol 50%, ethanol 50% and acetone with different concentrations (30%, 50%, 70%) as the best extraction solvent and the solid / liquid ratio is 0.6g / 20ml.

Keywords: *Chamaemelum nobile*, optimization, phenolic compounds, antioxidant activity.

ملخص

يهدف هذا العمل أولاً إلى استخراج المركبات الفينولية من نبتة بأكملها من منطقة أقبو (بجاية): كامملوم نوبيل (البابونج). تم تعريض هذه النبتة إلى طريقة الإستخلاص صلب - سائل مع دراسة شروط الإستخلاص (قطر المسحوق, طبيعة و تركيز المذيب, نسبة صلب- سائل). كشفت خلاصات كامملوم نوبيل أن القطر 125 ميكرومتر, الأسيتون 50% و نسبة 0,1غ/20 مل قد أعطت أفضل محتوى من البوليفينول بقيم (1,25 غ يعادل حمض الغاليك/100 غ مادة جافة), (3,41 غ يعادل حمض الغاليك/100 غ مادة جافة), (2,17 غ يعادل حمض الغاليك/100 غ مادة جافة) على التوالي. بينما محتوى الفلافونويد لمستخلصات هذه النبتة أعطيت بقيم 125 ميكرومتر (0,37 غ مكافئ للكيرسيتين / 100 غ مادة جافة), الأسيتون 30 % (1,12 غ مكافئ للكيرسيتين / 100 غ مادة جافة) و نسبة صلب - سائل 0,1غ/20 مل (3,66 غ مكافئ للكيرسيتين / 100 غ مادة جافة). أما نسبة تقييم التانينات المكثفة, فقد تم الحصول على أفضل محتوى بإستخدام القطر 125 ميكرومتر (0,82 غ مكافئ للكاتيشين / 100 غ مادة جافة) مع الأسيتون 50 %, 70% و 100 % (14,37 غ مكافئ للكاتيشين / 100 غ مادة جافة) و نسبة صلب - سائل 0,1غ/20 مل تبلغ (61,41 غ). تم إختبار النشاط المضاد للأكسدة من المستخلصات بالطرق التالية: جذر DPPH, جذر ABTS, قدرة تخفيض الطاقة و النشاط الإختزالي للموليبديات. وجد أن قطر 125 ميكرومتر, ميثانول, إيثانول 50% و الأسيتون بتركيزات مختلفة (30 %, 50% و 70 %) كأفضل مذيب للإستخلاص و نسبة صلب سائل 0.6غ/20مل.

الكلمات المفتاحية: كامملوم نوبيل (البابونج), التحسين, المركبات الفينولية, النشاط المضاد للأكسدة.