

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-Chimique

Mémoire

Présenté par : M^{elle} BOULKROUNE NABILA

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie

Option : Biochimie Appliquée

Thème

*Etude de l'activité antioxydante d'une plante
médicinale «Matricaria pubescens» : effets de la
durée et du solvant d'extraction.*

Devant le jury :

Président :	Melle TAHIRI O.	MAA
Promotrice :	Mme AMIR H.	MAB
Examinatrices :	Melle ADRAR S.	MAB
	Melle ZEMOURI S.	MAB

Année universitaire : 2011/2012

Remerciements

Avant tout, j'exprime mes remerciements à Dieu de m'avoir donné le courage et la force d'aller au bout afin de terminer ce travail et pour sa bienveillance.

Ma profonde gratitude va à ma promotrice M^{me} Amir H, pour l'honneur qu'elle m'a fait d'avoir acceptée de m'encadrer, pour ses précieux conseils, ses orientations, pour toute son aide et surtout pour sa gentillesse.

Je tiens à remercier les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en jugeant ce travail, notamment :

Melle Tahiri O, qui m'a fait l'honneur par sa présence en qualité de présidente de jury.

Melle AdraRr S et Melle Zemouri S, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin j'exprime ma gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin 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 :*

*A ceux qui ont donné un sens à mon existence, qui m'ont soutenu
nuits et jours durant tout mon parcours*

A vous très chers parents je vous dis merci

A mon cher frère : Housseem

A mes chères sœurs : Ghania et Asma

A mes cousins et cousines

A tous mes chères amis : warda, Fayçal...

A mes copines de chambres : Souhila, faroudja, katiba

A toute la promotion Biochimie Appliquée 2012 sans exception

« Que Dieux nous guide tout au long de notre vie »

...NABILA...

Liste des abréviations

DPPH : radical 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

EAG : équivalent acide gallique

EAT : équivalent acide tannique

EQ : équivalent quercétine

h : heure

Min : minute

MS : matière sèche

N : nuit d'incubation.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Photo de <i>Matricaria pubescens</i>	5
2	Structure générale du noyau des flavonoïdes	12
3	Structure des acides galliques et ellagique et d'un tannin hydrolysable	15
4	Sites de chélation des métaux de transition par les flavonoïdes	16
5	Les groupements fonctionnels des flavonoïdes intervenant dans leur activité anti-radicalaire	17
6	Effet de la durée d'extraction sur la teneur en composés phénoliques des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	26
7	Effet du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	26
8	Effet de la durée d'extraction sur la teneur en flavonoïdes des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	29
9	Effet du solvant d'extraction sur la teneur en flavonoïdes des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	29
10	Effet de la durée d'extraction sur la teneur en tannins condensés des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	32
11	Effet du solvant d'extraction sur la teneur en tannins condensés des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	32
12	Effet de la durée d'extraction sur la teneur en tannins hydrolysables des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	34
13	Effet du solvant d'extraction sur la teneur en tannins hydrolysables des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	34
14	Effet de la durée d'extraction sur le pouvoir réducteur des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	36
15	Effet du solvant d'extraction sur le pouvoir réducteur des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	36

16	Effet de la durée d'extraction sur l'activité antiradicalaire des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	39
17	effet du solvant d'extraction sur l'activité antiradicalaire des extraits de <i>Matricaria pubescens</i> .	39

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Utilisations traditionnelles de <i>Matricaria pubescens</i>	6
2	Principales classes des composés phénoliques	9
3	Principales structures des acides hydroxybenzoïques	10
4	Principales structures des acides hydroxycinnamiques	11
5	Structure chimique de certains flavonoïdes représentatifs de chaque classe	13

Sommaire

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

Chapitre 1 : synthèse bibliographique

I. Classification et description de <i>Matricaria pubescens</i>	3
I. 1. Noms communs.....	3
I. 2. Classification.....	3
I. 3. Description morphologique.....	4
I. 4. Répartition géographique	5
I. 5. Habitat	5
I. 6. Utilisation de <i>Matricaria pubescens</i>	6
II. Composition biochimique de <i>Matricaria pubescens</i>	7
II.1. les composés phénoliques	7
II.1.1. Définition	8
II.1.2. Classification	8
II.1. 2.1. Les phénols simples et leurs dérivés.....	9
II.1. 2. 2. Les flavonoïdes	11
II.1.2. 3. Les tannins	14
II.1.3.propriétés antioxydantes des composés phénoliques.....	15
II.1.3.1.Chélation des métaux.....	16
II.1.3.2.Neutralisation des radicaux libres.....	16
II.1.3.3.Inhibition d'enzymes	18
II.1.4.Propriétés antioxydantes des tannins	18
II.2.Les huiles essentielles	18
II.2.1.Définition	18
II.2.2.Propriétés antioxydantes des huiles essentielles.....	19

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes	20
I.1. Préparation du matériel végétal.....	20
I.1.1. Matière végétale	20
I.1.2. Broyage et tamisage	20
I.2. Préparation des extraits	20
I.2.1. Effet de la durée d'extraction.....	20
I.2.2.Effet du solvant d'extraction.....	20
I.3.Dosage des composés phénoliques	21
I.3.2.Dosage des flavonoïdes.....	21
I.3.3.Dosage des tannins.....	22
II. Détermination de l'activité antioxydante.....	22
I.1.Pouvoir réducteur	22
II.2.Pouvoir antiradicalaire.....	23
III. Etude statistique.....	24

Chapitre 3 : Résultats et discussions

I. Résultats et discussions.....	24
I.1. Les composés phénoliques	24
I.2.Les flavonoïdes	28
I.3.Les tannins.....	30
I.3.1.Les tannins condensés	30
I.3.2.Les tannins hydrolysables	33
II. Activité antioxydante.....	35

II.1. Pouvoir réducteur.....	35
II.2. Pouvoir antiradicalaire.....	38
Conclusion.....	42
Références bibliographiques.....	44

Introduction

Un grand nombre de plantes aromatiques, médicinales, des plantes épicées et autres possèdent des propriétés biologiques très intéressantes qui trouvent application dans divers domaines en savoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et agriculture. Cependant, l'évaluation des propriétés phytothérapeutiques comme antioxydante demeure une tâche intéressante et utile, en particulier pour les plantes d'une utilisation rare ou moins fréquentes ou non connu dans la médecine et les traditions médicinales folkloriques. Ces plantes représentent une nouvelle source de composés actifs tels les composés phénoliques (Mohammedi, 2005).

Actuellement environ 60 à 80 % de la population utilisent la médecine traditionnelle pour le traitement des pathologies (Libman *et al.*, 2005).

Les radicaux libres et les espèces d'oxygène ont été associés à des maladies cardiovasculaires et inflammatoires, et même interviennent dans le cancer et le vieillissement. Des efforts visant à compenser les dommages causés par ces espèces sont de plus en plus reconnus comme une base pour des nouvelles approches thérapeutiques, et dans le domaine de la médecine préventive, les antioxydants connaissent un regain d'intérêt (Isren *et al.*, 2001).

Le développement de nouveaux antioxydants d'une bonne capacité antioxydante s'avère indispensable pour lutter contre les phénomènes d'oxydations. Dans ce but, l'investigation des plantes représente un potentiel inestimable pour la découverte de nouvelles substances à caractère antioxydant, si l'on considère que ces plantes peuvent contenir des centaines, voire des milliers de métabolites secondaires. Ces derniers représentés actuellement par 100 000 substances identifiées, pourraient être utilisés dans la prévention de certaines maladies (Cowan, 1999).

Les études portant sur l'activité antioxydante sont basées sur l'amélioration des techniques d'extraction des composés phénoliques à partir des produits naturels (Jerez *et al.*, 2006).

Matricaria pubescens est une plante médicinale très utilisée en médecine traditionnelle en Algérie et notamment par les populations du Sahara central et septentrional (maiza *et al.*, 2011). Bien que relativement abondantes et très utilisée

traditionnellement en Algérie peu de travaux ont porté sur l'étude de l'activité antioxydante de cette plante médicinale.

Selon Naczki et Shahidi (2004) ; Druynska *et al.* (2007), les conditions d'extraction, ont un effet sur les teneurs des extraits en substances antioxydantes et l'activité antioxydante.

La présente étude comprend deux parties principales; la première est une synthèse bibliographique comportant une description de la matricaire et des antioxydants.

La deuxième partie de ce travail est une étude expérimentale où sont présentés :

- Les extractions des antioxydants de *Matricaria pubescens*, après différentes durées d'extraction (30minutes, 1heure, 2heures, 4heures et 2heures suivies d'une nuit d'incubation), en utilisant plusieurs solvants (eau, acétone (50% et 100%), méthanol (50% et 100%) et éthanol (50% et 100%)) ;
- Le dosage de quelques substances antioxydantes dont les polyphénols, les flavonoïdes, les tannins hydrolysables et les tannins condensés ;
- La détermination de l'activité antioxydante des extraits de la matricaire, en utilisant deux méthodes ; pouvoir réducteur et activité anti-radicalaire.

La phytothérapie est une discipline allopathique, destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologique au moyen de plantes, de parties de plantes (feuilles, fleurs, racines, fruits et graines) ou de préparations à base de plantes (Wichtl et Anton, 2003).

Les remèdes naturels et surtout les plantes médicinales ont été pendant longtemps les principaux, voire les unique recours pour soigner les pathologies. Ces plantes sont également la matière première pour la médecine moderne (Ould el hadj *et al.*, 2003).

Les ressources végétales du Sahara constituent une flore d'environ 500 espèces (Maiza *et al.*, 1993). Certaines possèdent des propriétés pharmacologiques qui leur confèrent un intérêt médicinal. Parmi ces espèces on trouve *Matricaria pubescens*, qui est très utilisée par les habitants du Sahara et qui fait l'objet de notre étude.

I. Classification et description de *Matricaria pubescens*

I.1.Noms communs :

Le nom scientifique du Matricaire, *Matricaria pubescens* dérive du latin *Matricaria* désignant matrice ; *Pubescens* signifiant velu.

- En arabe : Guertoufa, Ouazouza ;
- En targui : Ainesnis ;
- En anglais : Hairy camomille ;
- En français : Pubescente de camomille (IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, 2005).

I.2.Classification

Parmi les milliers de plantes médicinales recensées à ce jour, la famille des astéracées dont fait partie *Matricaria pubescens* (Ould el hadj *et al.*, 2003), est l'une des plus grandes familles des angiospermes, avec environ 1100 genres et 25000 espèces qui sont réparties dans pratiquement toutes les régions du globe ; Le genre *Matricaria*, compte environ 700 espèces (Hammoud , 2009).

La classification de *Matricaria pubescens* est donnée comme suite :

Règne : végétal ;

Embranchement : phanérogames (permaphytes) ;

Sous-embranchement : angiospermes ;

Classe : dicotylédones ;

Sous-classe : métachlamydées ;

Ordre : campanales (astrales) ;

Famille : composées (astéracées) ;

Genre : *Matricaria*

Espèce : *Matricaria pubescens* (Grisvard et Chaudin., 1964).

I.3. Description morphologique

Matricaria pubescens est une petite plante annuelle, de 10 à 20 cm d'hauteur, mésothérophyte, caractérisée par :

- Une racine pivotante fortement ramifiée dans la partie supérieure ;
- Une tige ramifiée, striée et couverte de poils plats étalés ;
- Des feuilles primordiales pétiolées entières ou sub-entières et allongées. Les autres sont toutes caulinaires, uni-ou bipennatiséquées, plus ou moins densément couvertes de poils ;
- Des capitules très petits de 5 à 7 mm et isolés à l'extrémité des rameaux ;
- Des écailles du péricline sur au moins trois rangs, vertes, de plus en plus largement scarieuses de l'extérieur vers l'intérieur et marquées de brun foncé tout autour ;
- Des écailles du réceptacle oblongues, scarieuses et obtuses ;
- Des fleurs externes neutres ou femelles, à grandes ligules blanches sinuées au sommet, les internes sont hermaphrodites ou stériles, jaunes, à tube ailé ;
- Des fruits de petits akènes linéolés à pappus scarieux, blanc, plus long qu'eux et presque aussi long que les fleurs tubuleuses, caduc. (Nègre., 1962 ; Quezel *et al.*, 1963).

La plante entière à un parfum très agréable, la floraison a lieu le printemps au centre et au nord du Sahara algérienne (IUCN Center for Méditerrananean Cooperation, 2005) (figure 1).



Figure 1 : Photo de *Matricaria pubescens* (IUCN Center for Méditerrananean Cooperation, 2005).

I.4. Répartition géographique

- Au niveau local (Sahara Algérien) ; cette plante est commune dans tout le Sahara septentrional correspondant aux régions de : Biskra, Figuig, El oued, Touggourt, Colomb-Béchar, Ghardaia, El golea, Ouargla, Beni Abbès, et dans le Sahara central qui comprend les régions de : Adrar, Tamanghasset, Djanet, Fort-polignac, Fort-flatters, Timimoun, In salah (Ozenda, 1991).
- Au niveau régional : l’Afrique du nord.
- Au niveau global : selon les critères de l’UICN (l’Union Internationale pour la Conservation de la Nature) cette matricaire est endémique en Afrique du nord.

I.5. Habitat

Matricaria pubescens prospère en conditions de désert avec 100 mm au moyen des précipitations de Pluit par année. On la trouve toujours dans les oueds non-salins

dans les sols sablés et de temps en temps sur les sols caillouteux (IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, 2005).

I.6. Utilisation de *Matricaria pubescens*

Elle n'est pas rapportée en tant que toxique par les nomades. Très utilisée dans la médecine traditionnelle et autre :

- Au Maroc, dans Tafilalet et Fès, la décoction de *Matricaria pubescens* est recommandée pour l'otite ;
- Un massage par son huile est utile en cas de rhumatisme, la névralgie et la sciatique (IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, 2005) ;
- *Matricaria pubescens* a des propriétés : anti-inflammatoire, antimicrobiennes ; cytotoxiques (Maiza *et al.*, 2011) ;
- Elle est utilisée en infusion pour faciliter la digestion ;
- Elle est très réputée pour ses qualités aromatiques ; est surtout utilisée pour aromatiser les soupes, particulièrement durant le moi de Ramadhan. Elle présente également un intérêt pastoral puisqu'elle est surtout broutée par les chèvres (Chehema, 2006) ;
- La matricaire est aussi largement utilisée dans le Sahara comme filtre dans la préparation du beurre local et dans les préparations fortifiantes et reconstituantes après accouchement ou longue maladie (Ouchikh et Serier, 2004).

Le tableau suivant récapitule les différentes maladies traitées par *Matricaria pubescens* :

Tableau 1 : Utilisations traditionnelles de *Matricaria pubescens* (Maiza *et al.*, 1995).

Maladies	Préparation	Modalités d'utilisation
rhumatisme	Une décoction à raison d'une poignée de capitule, et de feuille pour une théière et demie d'eau.	Un verre à thé matin et soir.
éruption dentaire	Pas de préparation.	Frottement de la prise enflée de la gencive avec un capitule de la

		matricaire.
dermatose	Un décocté préparé comme indiqué précédemment dans les proportions mais en grand volume.	Indiqué comme bain corporel. Le patient doit rester en contact de la préparation pendant une dizaine de minute au moins.
dysménorrhée	La matricaire, les clous de girofles, la rue (<i>Ruta tuberculata</i>), la cannelle et le Zygophyllum sont séchés puis pulvérisés et mélangés à part égale. Une poignée de la mixture est utilisée pour préparer une décoction avec une théière d'eau.	Un verre de thé de la décoction du premier jour menstruation pendant trois cycles consécutifs.
asthme	Décocté additionné de beurre local ou «d'han».	La prise orale est préconisée.
Maladie immunitaire (allergie).	Décoction ou infusion	Prise orale
Fièvre ou pique de scorpion.	Les capitules de matricaire sont bouillis dans de l'eau ou du lait	Prise orale
Infection oculaire	Les capitules sont trempés dans de l'eau chaude puis écrasés.	Le liquide utilisé comme lavement pour les yeux par instillation.

II. Composition biochimique de *Matricaria pubescens*

Les matricaires sont des plantes aromatiques présentant globalement les mêmes substances curatives à des proportions différentes, dont les principales sont les flavonoïdes et les huiles essentiels (Maiza *et al.*, 2011).

II.1. Les composés phénoliques

Les polyphénols suscitent actuellement beaucoup d'intérêt en raison du bénéfice qu'il pourraient apporter en termes de prévention des maladies liées au vieillissement (Hennebelle *et al.*, 2004) ; Par conséquent, l'intérêt augmente considérablement quant à la présence d'antioxydant naturels. Il sont utilisés en industrie alimentaire et en médecine préventive (Ksouri *et al.*, 2007).

II.1.1. Définition

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substance qu'il est difficile de définir. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié un ou plusieurs groupes hydroxyles, libre ou engagé (Bruneton, 2008). Les polyphénols peuvent être conjugués, avec un ou plusieurs résidu(s) glucidique(s), ou être liés à d'autres composés chimiques tels que des acides carboxyliques, des amines, des lipides ou avec d'autres phénols (Martin et Andriantsitohaina, 2002). Ils sont synthétisés à partir de trois voies :

- Celle de l'acide shikimique, qui conduit après transformation et désamination aux acides cinnamiques, précurseurs de la majorité des acides phénoliques (Richter, 1993 ; Croteau *et al.*, 2002).

- Celle issue de l'acétate, qui conduit à des poly β -coesters (polyacétates) de longueur variable menant par cyclisation à des composés polycycliques tels que les dihydroxy-1,8 anthraquinones ou les naphtoquinones (Richter, 1993 ; Martin et Andriantsitohaina, 2002).

- Celle issue du shikimate et de l'acétate qui conduit à l'élaboration de composés d'origine mixte (flavonoïdes *lato sensu*, stilbènes, pyrones, xanthones, etc...) (Bruneton, 2009).

II.1.2. Classification

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes (tableau 2) qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base allant d'un simple C₆ à des formes très polymérisées, ensuite par le degré de modification du squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation, ...) et par les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, ou autres métabolites secondaires) (Macheix *et al.*, 2006).

Tableau 2 : Principales classes des composés phénoliques (Harbone et Williams, 2000 ; Macheix *et al.*, 2006)

Squelettes carbonés	Classes	Exemples
C ₆	Phénols simples	Cathéchol
C ₆ -C ₁	Acide hydroxybenzoïque	P-hydroxybenzoïque
C ₆ -C ₃	Acide hydroxycinnamique Coumarines	Acide caféïque scopoléines
C ₆ -C ₄	Naphtoquinones	Juglone
C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Résvératrole
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoides, isoflavonoides	Quercétine- cyanidine, diadzéine
(C ₆ -C ₃) ₂	Lignanes	Pinorésinoles
(C ₆ -C ₃) _n	lignines	/
(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	Tannins condensés	/

II.1.2.1. Les phénols simples et leurs dérivés

Les formes phénoliques les plus simples présentent des structures chimiques allant de simples phénols en C₆ aux flavonoïdes en C₁₅ et à des molécules proches (Macheix *et al.*, 2006). Cette classe de composés englobe les dérivés des acides hydroxybenzoïques, les dérivés des acides hydroxycinnamiques et les coumarines (Ribéreau-Gayon, 1968).

a) Acides hydroxybenzoïques

Ils ont une formule de C₆-C₁, dérivé de l'acide benzoïque, sont très communs, aussi bien sous forme libre que combinés à l'état d'esters ou d'hétérosides. Ils peuvent être des éléments constitutifs des tannins hydrolysables (tableau 3) (Macheix *et al.*, 2006 ; Bruneton, 2008).

Tableau 3 : Principales structures des acides hydroxybenzoïques (Macheix *et al.*, 2006).

Acides hydroxybenzoïques					
	R1	R2	R3	R4	Formule
acide parahydroxybenzoïque	H	H	OH	H	
acide protocatéchique	H	OH	OH	H	
acide vanillique	H	OCH ₃	OH	H	
acide gallique	H	OH	OH	OH	
acide syringique	H	OCH ₃	OH	OCH ₃	
acide salicylique	OH	H	H	H	
acide gentisique	OH	H	H	OH	

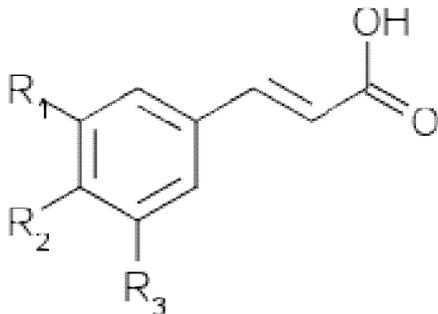
b) Acides hydroxycinnamiques

Ils représentent une classe très importante dont la structure de base (C₆-C₃) dérive de celle de l'acide cinnamique (tableau 4). Les acides hydroxycinnamiques sont souvent estérifiés en :

- Ester d'alcool aliphatique (acide mono- et dicofeyle-tartrique, féruloyle-tartrique et caféyle malique) ;
- Ester de l'acide quinine (acide chlorogénique) et depside (acide rosmarinique et lithospermique) (Bruneton, 2008)

Ils peuvent être inclus dans des structures en amides (dérivés de la spermidine, de la tyramine ou de la putrescine), ou combinés avec des glucides : ester de glucose ou éther de glucose (Bruneton, 2008). Les coumarines dérivent des acides hydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale et certaines formes complexes. Les stilbenes dérivent aussi des acides hydroxycinnamiques (Macheix *et al.* 2006).

Tableau4 : Principales structures des acides hydroxycinnamiques (Macheix *et al.*, 2006)

Acides hydroxycinnamiques				
	R1	R2	R3	Formule
acide paracoumarique	H	OH	H	
acide caféique	OH	OH	H	
acide férulique	OCH ₃	OH	H	
acide sinapique	OCH ₃	OH	OCH ₃	
E-anéthole	H	OCH ₃	H	
acide 3, 4-diméthoxycinnamique	OCH ₃	OCH ₃	H	

II.1.2.2. Les flavonoïdes

a) Définition

Le terme flavonoïde provenant du latin "flavus", signifiant "jaune", désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux. Ce groupe comprend comme son nom l'indique des composés jaunes mais aussi d'autres couleurs ou incolores. Structuralement, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules. (Bruneton, 1999 ; Harborne et Williams, 2000).

b) Structure et classification des flavonoïdes

De nos jours, plus de 8000 flavonoïdes ont été identifiés. Ils ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à

quinze atomes de carbones, constitué de deux unités aromatiques; deux cycles en C6 (A et B), reliés par un hétérocycle en C3 (figure 2) (Bruneton, 1999; Pietta, 2000).

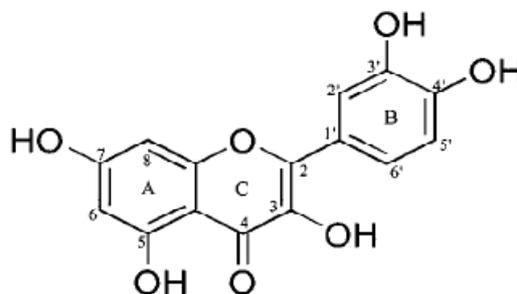
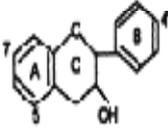
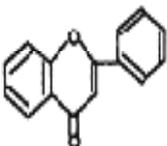
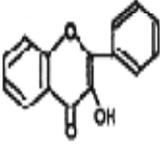
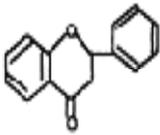
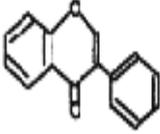
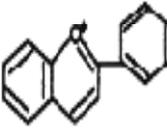


Figure 2: Structure générale du noyau des flavonoïdes (Heim *et al.*, 2002).

Structuralement les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules selon le degré d'oxydation et la nature des substituants portés sur le cycle C (Pietta, 2000), 14 groupes différents ont été identifiés dont six groupes sont particulièrement les plus répandus et les mieux caractérisés ; flavones, isoflavones, flavanones, flavanols, flavonols, anthocyanidines (Heim *et al.*, 2002 ; Hendrich., 2006). Les composés de chaque classe se distinguent entre eux par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyles, méthoxyles et autres. . .) sur les deux cycles aromatiques A et B (Heim *et al.*, 2002).

Tableau 5 : Structure chimique de certains flavonoïdes représentatifs de chaque classe (Heim *et al.*, 2002).

Classe	structure générale	flavonoïdes typiques	Substituants
Flavanol		(+)-catechin (-)-epicatechin Epigallocatechin gallate	3,5,7,3',4'-OH 3,5,7,3',4'-OH 3,5,7,3',4',5'-OH,3-gallate
Flavone		chrysin apigenin rutin luteolin luteolin glucosides	5,7-OH 5,7,4'-OH 5,7,3',4'-OH, 3-rutinoose 5,7,3',4'-OH 5,7,3'-OH, 4'-glucose 5,4'-OH, 4',7-glucose
Flavonol		kaempferol quercetin	3,5,7,4'-OH 3,5,7,3',4'-OH
		myricetin tamarixetin	3,5,7,3',4',5'-OH 3,5,7,3'-OH,4'-OMe
Flavanone (dihydroflavon)		naringin naringenin taxifolin eriodictyol hesperidin	5,4'-OH,7-rhamnoglucose 5,7,4'-OH 3,5,7,3',4'-OH 5,7,3',4'-OH 3,5,3'-OH,4'-OMe, 7-rutinoose
Isoflavone		genistin genistein daidzin daidzein	5,4'-OH, 7-glucose 5,7,4'-OH 4'-OH, 7-glucose 7,4'-OH
Anthocyanidin		apigenidin cyanidin	5,7,4'-OH 3,5,7,4'-OH,3,5-OMe

II.1.2.3. Les tannins

Les tannins sont des composés phénoliques à haut degré de polymérisation, solubles dans l'eau, de poids moléculaire élevé (500 et 3000 Dalton) (Naczka *et al.*, 1994).

La caractéristique la plus déterminante des tannins est leur capacité à former des complexes (par précipitation) avec les polymères naturels comme les protéines, les polysaccharides et les minéraux (Garro-Galvez *et al.*, 1997 ; Rubanza *et al.*, 2005). En raison de leur structure et de leurs propriétés chimiques, deux classes sont distinguées : les tannins hydrolysables et les tannins condensés (Schaenberg et Hess, 2007).

a) Tannins hydrolysables

Ce sont des esters de glucose (figure 3), c'est-à-dire un noyau central de glucose sur lequel se fixent, au moyen d'une liaison ester, des acides : l'acide gallique pour le groupe des gallotannins et l'acide hexahydroxydiphénique ou ellagique pour le groupe des ellagitannins (Guignard, 1979 ; Derbel et Ghedira, 2005).

Leur hydrolyse, par des acides, des bases ou certains enzymes, libère le glucose ainsi que les acides gallique ou phénoliques liés (Khanababae et Ree, 2001 ; Bennik, 2002).

b) Tannins condensés

Les tannins condensés sont des oligomères ou des polymères de flavane-3-ols ou de flavane-3,4-diols dérivés de la catéchine liés entre eux, par des liaisons carbone – carbone, le plus souvent 4-6, appelés tannins flavaniques ou catéchiques (Manach *et al.*, 2004).

Les tannins condensés ou proanthocyanidines, produisent des anthocyanidines quand ils sont chauffés en milieu acide (Reed, 1995 ; Cheynier, 2005).

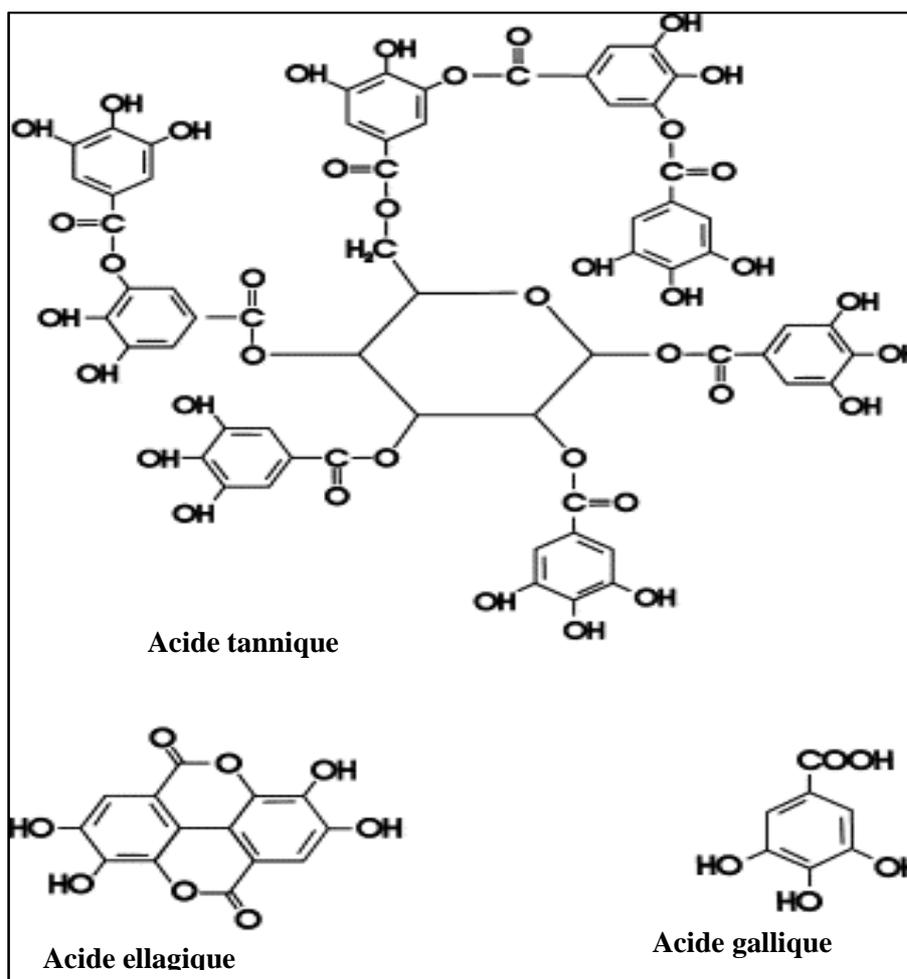


Figure 3: Structure des acides galliques et ellagique et d'un tannin hydrolysable (Labieniec *et al.*, 2003).

II.1.3. Propriétés antioxydantes des composés phénoliques

Grace à leur diversité structurale, les composés phénoliques exercent une activité antioxydante via plusieurs mécanismes et agissent à différents niveaux des réactions radicalaires par la chélation des métaux de transition, la neutralisation des radicaux libres, l'inhibition d'enzymes génératrice de radicaux libres, et l'induction de la synthèse d'enzymes antioxydantes (Cotelle *et al.*, 1995 ; Bors *et al.*, 1997 ; Grassmann *et al.*, 2002 ; Su *et al.*, 2007). Cette activité est largement liée à leur structure, à savoir le nombre et la position des groupements hydroxyles et le degré de méthylation, de glycosylation et de polymérisation (Heim *et al.*, 2002). L'activité antioxydante des composés phénoliques augmente avec le degré de polymérisation et diminue avec le degré de méthylation et de glycosylation au niveau des groupements hydroxyles (Robards *et al.*, 2005).

II.1.3.1. Chélation des métaux

Les ions du fer (Fe^{2+}) et du cuivre (Cu^{2+}) sont essentiels pour certaines fonctions physiologiques. Ils peuvent être, soit des constituants des hémoprotéines, soit des cofacteurs des différentes enzymes du système de défense antioxydant : Fe pour la catalase (Goudable et Favier, 1997), Cu et Zn pour la superoxyde dismutase. Mais ils sont aussi responsables de la production du radical hydroxyle par la réduction du peroxyde d'hydrogène selon la réaction de Fenton (Cottelle, 2001).



Cette réaction peut être inhibée par les composés phénoliques notamment les flavonoïdes sont considérés comme de bons chélateurs de ces ions métalliques (Halliwell, 2007). Ils sont connus pour leur capacité à former des complexes stables avec les ions métalliques grâce à leurs fonctions catéchols 3'-hydroxyl, 4'-hydroxyl sur le cycle B, 3-hydroxyl et 4-oxo de l'hétérocycle C et 4-oxo et 5-hydroxy de l'hétérocycle C et du cycle A, respectivement (figure 4) (Pietta, 2000 ; Heim *et al.*, 2002).

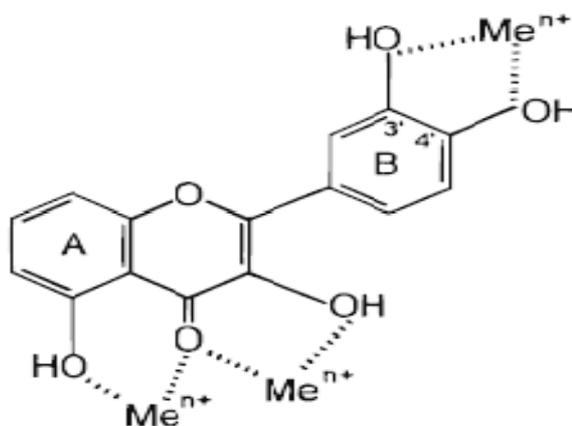


Figure 4 : Sites de chélation des métaux de transition par les flavonoïdes
(Pietta, 2000).

II.1.3.2. Neutralisation des radicaux libres

Les composés phénoliques sont des piègeurs efficaces de radicaux libres en les réduisant par transfert direct d'un électron sur leur dernière couche électronique (Sokol-Letowsha *et al.*, 2007 ; Ghedira, 2005).

Les composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes, sont susceptibles de réagir avec la plupart des radicaux libres : radicaux hydroxyles (OH^\bullet), anion superoxydes (O_2^-) et radicaux peroxylipidiques (Pietta, 2000). Leur activité anti-radicalaire nécessite :

- La structure 3',4'-dihydroxy du cycle B, qui est essentielle à l'activité des flavonoïdes possédant un hétérocycle saturé ;
- La double liaison 2-3 conjuguée avec la fonction 4-oxo, qui est responsable de la délocalisation d'électrons stabilisant le radical aroxyyl ;
- Les hydroxyles en positions 3 et 5 qui permettent une activité antiradicalaire maximale (figure 5) (Wang *et al.*, 2004 ; Soobrattee, 2005 ; Valko *et al.*, 2006 ; Sokol-Letowska *et al.*, 2007).

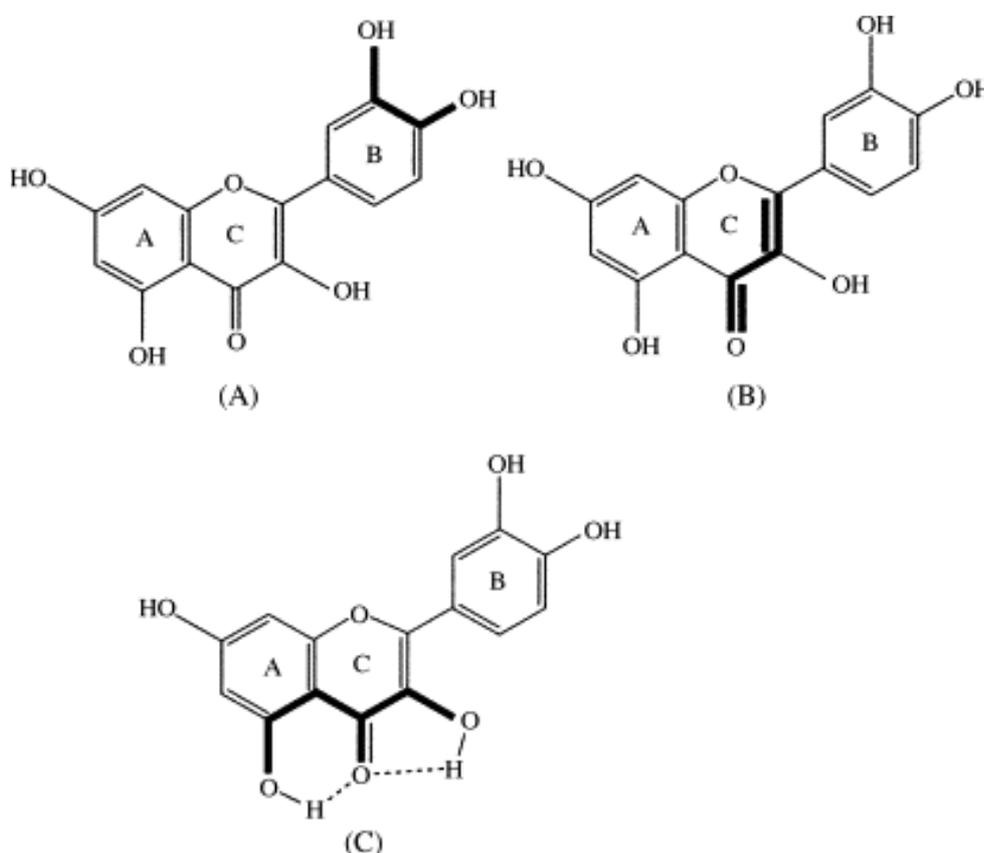


Figure 5: Les groupements fonctionnels des flavonoïdes intervenant dans leur activité anti-radicalaire (Soobrattee, 2005).

Les flavonoïdes préviennent la peroxydation lipidique en réagissant avec les radicaux libres, qui sont susceptibles d'arracher un proton sur le groupement CH₂ situé entre deux doubles liaisons des acides gras polyinsaturés (Harborne et Williams, 2000) et protègent ainsi les membranes cellulaires (Havsteen, 2002).

II.1.3.3. Inhibition d'enzymes

Les composés phénoliques affectent l'activité de nombreux systèmes enzymatiques. Les flavonoïdes ont la capacité d'inhiber les réactions enzymatiques impliquées dans le stress oxydant. Il a été démontré que certains flavonoïdes comme l'apigénine, la quercétine et la myricétine inhibent fortement la xanthine oxydase qui catalyse la réaction de transformation de l'hypoxanthine en acide urique (Da Saliva *et al.*, 2004).

II.1.4. Propriétés antioxydantes des tannins

Les tannins peuvent agir comme antioxydants. Cependant, la capacité antiradicalaire des dimères et trimères de procyanidines est augmentée avec la galloylation et dans une moindre mesure avec la longueur de chaîne mais également influencée par la position des substituants galloyl (Cheynier, 2005 ; Gramza et Kolczak, 2005).

Les tannins agissent comme donneurs de protons face aux radicaux libres lipidiques produits lors de la peroxydation. Des radicaux tanniques plus stables sont alors formés, ce qui a pour conséquence de stopper la réaction en chaîne de l'auto-oxydation lipidique. Ce sont de très bons capteurs de radicaux libres (Shahidi, 1997 ; Bossokpi, 2003).

II.2. Les huiles essentielles

II.2.1. Définition

Communément appelés essences sont des extraits végétaux volatiles et odorants obtenus par un procédé simple de distillation ; elles sont utilisées dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Les huiles essentielles sont des mélanges complexes et éminemment variables de constituants qui appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par origines bioénergétiques distinctes : le groupe des Terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquents, d'autre part. Elles peuvent également

renfermer divers produits issus de processus dégradatifs mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

Les fonctions possibles des huiles essentielles sont multiples (protection contre les prédateurs de la plante, attraction des insectes pollinisateurs, inhibition de la germination et de la croissance, inhibition de la multiplication des bactéries et des champignons) (Richter, 1993).

II.2.2. Propriétés antioxydantes des huiles essentielles

La reconnaissance des huiles essentielles comme antioxydants naturels est maintenant bien acquise et elle est pour une part à l'origine du regain d'intérêt qui est porté à ces molécules dans le domaine de la nutrition et de la pharmacologie (Avlessi *et al.*, 2004 ; Helem *et al.*, 2004 ; Gardeli *et al.*, 2007 ; Girotti, 2006 ; Erkan *et al.*, 2008).

Grace à leur diversité structurale, les huiles essentielles sont impliquées dans cette activité via plusieurs mécanismes agissant à différents niveaux des réactions radicalaires par la chélation des métaux, l'effet scavenger, l'inhibition des enzymes génératrices des radicaux libres et l'induction de la synthèse des enzymes antioxydants (Ipek *et al.*, 2005 ; Vukovic-Gacic *et al.*, 2006).

I. Matériels et méthodes

I.1. Préparation du matériel végétal

I.1.1. Matière végétale

La plante « *Matricaria pubescens* » été récolté dans la région de Hassi Massaoud wilaya de Ouargla durant le mois d'avril 2012. Après la récolte, l'échantillon a été séché à température ambiante dans un endroit aéré à l'ombre pour mieux conserver les molécules sensibles à la chaleur.

I.1.2. Broyage et tamisage

Une fois que notre plante est bien séchée, elle est broyée à l'aide d'un broyeur électrique, puis tamisée à l'aide d'un tamiseur de 250 μm . La poudre récupérée a été conservée dans un récipient en verre à l'obscurité et à une température ambiante pour utilisation ultérieure.

I.2. Préparation des extraits

La présente étude consiste à optimiser quelques paramètres d'extraction des composés phénoliques totaux, à savoir : la durée et le solvant d'extraction.

I.2.1. Effet de la durée d'extraction

Pour étudier l'effet de la durée d'extraction des composés phénoliques de *Matricaria pubescens*, les extraits sont préparés en utilisant comme solvant l'eau distillée, après : 30minutes, 1heure, 2heures, 4heures et 2heures suivies d'une nuit d'extraction.

Une prise d'essai de la poudre (0, 3g) est mise en contact avec 40ml de solvant d'extraction. Le mélange est soumis à une agitation à différentes durées d'extraction à l'aide d'un agitateur magnétique. Après l'agitation à l'abri de la lumière, les mélanges sont filtrés. Les extraits obtenus sont conservés à 4°C.

I.2.2. Effet du solvant d'extraction

Les composés phénoliques totaux de *Matricaria pubescens* sont extraits en utilisant quatre solvants de polarités différentes: eau, acétone (50% et 100%), méthanol (50% et 100%) et éthanol (50% et 100%).

Une prise d'essai de la poudre (0,3g) est mise en contact avec 40ml de solvant d'extraction. Le mélange est soumis à une agitation à l'aide d'un agitateur magnétique. Après quatre heures d'agitation à l'abri de la lumière, les mélanges sont filtrés. Les extraits obtenus sont conservés à 4°C.

I.3.Dosage des composés phénoliques

I.3.1.Dosage des polyphénols totaux

I.3.1.1.Principe

Le principe de cette méthode est basé sur la réduction en milieu alcalin de l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMoO_{12}O_{40}$) du réactif du Folin- Ciocalteu en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{28}) lors de l'oxydation des polyphénols. La couleur bleue obtenue est proportionnelle au taux de composés phénoliques contenus dans l'extrait (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1982).

I.3.1.2.Mode opératoire

La teneur en composés phénoliques est estimée selon la méthode de Goli *et al.* (2005). Deux cent microlitres d'extrait de *Matricaria pubescens* sont mélangés avec 1ml du réactif de Folin–Ciocalteu. Après 3mn, 0,8 ml de la solution de carbonate de sodium (7,5%) sont ajoutés. Après 1h d'incubation, l'absorbance est mesurée à 740nm. La concentration en composés phénoliques des extraits, exprimée en gramme par 100 g de matière sèche, est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide gallique (annexe).

I.3.2.Dosage des flavonoïdes :

I.3.2.1. Principe

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques polyhydroxylés, qui forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (Fer et Aluminium) (Ribereau-Gayon, 1968).

I.3.2.2.Mode opératoire

La teneur en flavonoïdes des extraits de la matricaire est déterminée par la méthode de Bahorun *et al.* (2004). Une partie aliquote de chaque extrait a été ajouté à un

volume égal de chlorure d'aluminium (2%). L'absorbance a été lue à 410nm après 15mn. Les résultats sont exprimés en gramme équivalent quercétine par 100 g de matière sèche à partir de la courbe d'étalonnage (annexe).

I.3.3.Dosage des tannins

I.3.3.1.Principe

Le dosage des tannins condensés est basé sur la condensation des composés polyphénoliques avec la vanilline en milieu acide. Il est spécifique des flavanes -3-ols (Price *et al.*, 1978), celle des tannins hydrolysable est basée sur une réaction avec le chlorure ferrique (Mole et Waterman, 1987).

I.3.3.2.Mode opératoire

- **Dosage des tannins condensés**

Cette méthode de détermination du taux des tannins condensés a été proposée par Swain et Hillis (1959) ; 2 ml du réactif de la vanilline (1g de vanilline dissoudre dans 70 % d'acide sulfurique), sont mélangés avec 1 ml d'extrait. Après incubation à 50° C pendant 20 mn, l'absorbance a été mesurée à 500 nm. Les résultats sont exprimés en gramme équivalent catéchine par 100g de matière sèche à partir de la courbe d'étalonnage (annexe).

- **Dosage des tannins hydrolysables**

Le taux des tannins hydrolysables est déterminé par la méthode de Mole et Waterman (1987) qui est basée sur la réaction avec le chlorure ferrique ; 1 ml de l'extrait est mélangé avec 3.5 ml de la solution de Fe cl₃ (1,62 g est dissous dans 0,01M de HCl); L'absorbance a été lue à 660 nm après 15 secondes. Les résultats sont exprimés en gramme équivalent acide gallique par 100g de matière sèche à partir de la courbe d'étalonnage (annexe).

II. Détermination de l'activité antioxydante

II.1.Pouvoir réducteur

II.1.1.Principe

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans l'extrait à réduire le fer ferrique (Fe³⁺) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe²⁺). La forme

réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (Chung *et al.*, 2006).

II.1.2. Mode opératoire

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode d'Arabshahi-Delouee et urooj (2007) ; 1ml d'extrait est ajouté à 2,5ml de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5ml de ferricyanure de potassium (1%). Après incubation à 50°C pendant 20mn, 2,5ml d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés au mélange, après une centrifugation pendant 10 min ; 2,5 ml de surnageant sont ajoutés au mélange de 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml du chlorure ferrique (10%). L'absorbance est mesurée à 700 nm Les résultats sont exprimés en gramme équivalent acide ascorbique par 100g de matière sèche à partir d'une courbe d'étalonnage (annexe).

II.2. Pouvoir antiradicalaire

II.2.1. principe

Le DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre, stable ou accepteur d'hydrogène de couleur violet intense (Cavar *et al.*, 2009). Ce radical perd sa coloration native quand il se lie avec des substances antioxydants, qui lui transfèrent des électrons ou des protons. La forme réduite du DPPH confère à la solution une couleur jaune (Gadow *et al.*, 1997). Le virage vers cette coloration et l'intensité de la décoloration découle, de la nature, de la concentration et de la puissance des principes actifs présents (Kroyer, 2003 ; Es Safi *et al.*, 2007).

II.2.2. Mode opératoire

L'effet scavenger du DPPH est déterminé par la méthode de Kroyer et Hegedus, (2001) ; 300µl d'extrait sont ajoutés à 2700µl de DPPH (60µM). L'absorbance a été lue à 517nm après 1heure d'incubation à l'obscurité (Kroyer et Hegedus, 2001). Le pourcentage de l'activité scavenger du radical DPPH est exprimé par la formule suivante :

$$\% \text{ scavenger de radical DPPH} = (\text{Ab}_T - \text{Ab}_E / \text{Ab}_T) \times 100$$

Ab_T : absorbance de témoin (300µl méthanol+ 2700 µl DPPH).

Ab_E : absorbance de l'échantillon (300µl extrait+2700µl DPPH).

III. Etude statistique

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. L'analyse statistique des résultats est effectuée avec l'application ANOVA (STATISTICA 5.5) et la comparaison des données est prise à la probabilité $P < 0,05$.

I. Résultats et discussions

I.1. Les composés phénoliques

Les conditions d'extraction (type de solvant, taille des particules, état du matériel végétal, temps) peuvent influencer significativement le taux et la nature des composés extraits (Goli *et al.*, 2004 ; Nack et Shahidi, 2006 ; Spigno et De Faveri, 2007).

Dans le présent travail, il a été procédé à l'optimisation de la durée et du solvant d'extraction des composés phénoliques des extraits de *Matricaria pubescens* ainsi qu'à la détermination de l'activité antioxydantes des extraits obtenus. Aucun travail similaire sur l'extraction des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antioxydante n'est rapporté dans la bibliographie.

Pour étudier l'effet de la durée d'extraction, l'eau distillée à été utilisée comme solvant, les extraits sont préparés après 30minutes, 1heure, 2heures, 3heures, 4heures et 2heures suivies d'une nuit d'incubation, à une température ambiante.

L'analyse statistique des extraits obtenus après différentes durées d'extraction, indique que la teneur en composés phénoliques la plus élevée (2,36 g /100g) est obtenue après 4h d'extraction, suivie par les teneurs moyennes (2,29 et 2,25 g/100g) obtenues respectivement après 2 heures et 2heures suivies d'une nuit d'incubation, alors que les teneurs les plus faible (1,85 et 1,76 g/100g) sont obtenues après 1h et 30 min d'extraction, respectivement (figure 6).

Djellas (2010), a trouvé que la meilleur teneur en composés phénoliques totaux d'*Inula viscosa* est obtenue après 16h d'incubation avec une valeur de 2,38 g EAG/100g.

Berbache et Touati (2008), ont montré que la teneur la plus élevée en composés phénoliques (0,25 g EAG/g) extraits à partir des feuilles d'*Atriplex halimus* est obtenue après 1h d'extraction.

Turkmen *et al.* (2007), indiquent qu'en augmentant le temps d'extraction de 2h à 8h, la teneur en polyphénols des extraits du thé noir augmente de manière significative.

Druzynska *et al.* (2007), ont démontré une augmentation du rendement des composés phénoliques totaux dans les extraits du thé vert avec la prolongation du temps d'extraction.

D'autres travaux sur les feuilles de *Azadirachta indica* ont trouvé que la prolongation du temps d'extraction améliore le rendement en polyphénols totaux, pour différents solvants (Chirinos *et al.*, 2007 ; Druzynska *et al.*, 2007 ; Silva *et al.*, 2007).

Malgré le développement et la mise en œuvre de nombreuses nouvelles techniques d'extraction. L'extraction classique par solvant demeure dominante et la plus utilisée (Druzynska *et al.*, 2007).

Une bonne méthode doit permettre l'extraction complète des composés d'intérêt et doit éviter leurs modifications chimiques. Le rendement d'extraction dépend non seulement de la méthode d'extraction, mais aussi de la nature du solvant (Turkmen *et al.*, 2005 ; Hayouni *et al.*, 2007 ; Atmani *et al.*, 2009). L'eau, les mélanges aqueux d'éthanol, du méthanol et d'acétone sont utilisés généralement pour extraire les composés phénoliques (Turkmen *et al.*, 2005 ; Hayouni *et al.*, 2007).

Pour étudier l'effet du solvant sur l'extraction des polyphénols des extraits de *Matricaria pubescens*, sept solvants à différentes concentrations ont été utilisés : l'eau, l'acétone 50%, l'acétone 100%, le méthanol 50%, le méthanol 100%, l'éthanol 50% et l'éthanol 100%.

Les résultats du dosage des composés phénoliques des extraits de la matricaire montrent des différences significatives selon le solvant utilisé (figure 7). La teneur la plus élevée (2,59 g/100g) est obtenue avec le méthanol 50%, suivie par l'éthanol 50%, l'eau, le méthanol 100%, l'éthanol 100% et l'acétone 50%, qui ont des teneurs moyennes en composés phénoliques égales à 2,49, 2,43, 2,08, 1,13 et 0,96 g/100g, respectivement. Alors que la teneur la plus faible (0,63 g/100g) est celle de l'extrait préparé par l'acétone 100%.

D'après ces résultats il est à noter que les teneurs obtenues avec les solvants purs sont faibles par rapport à celles obtenues avec les solvants dilués, qui pourrait s'expliquer par la faible solubilité des composés phénoliques de la matricaire dans les solvants purs.

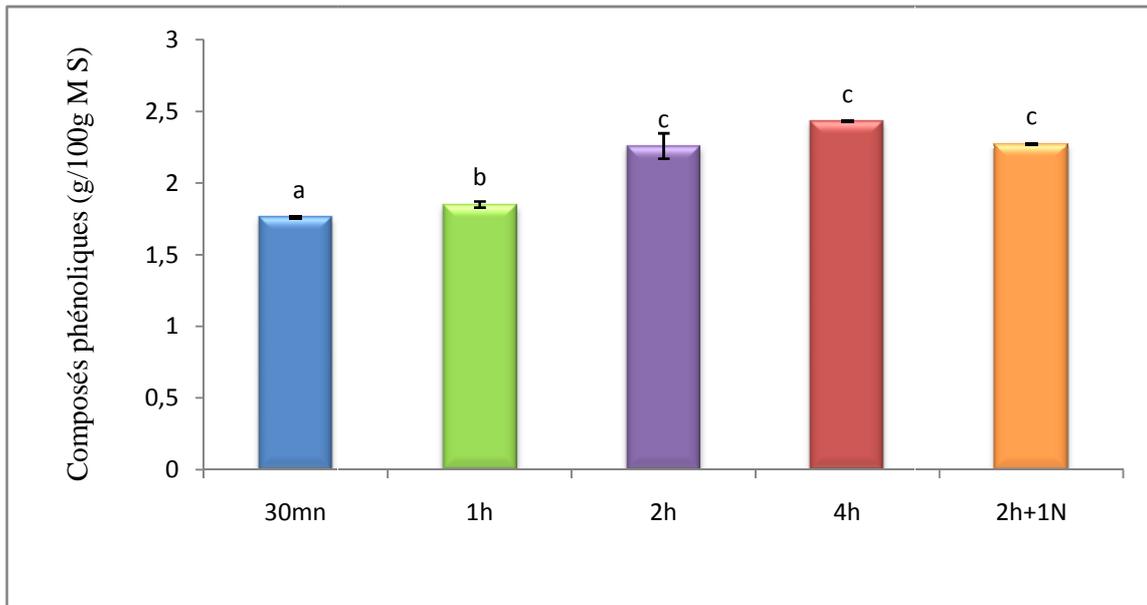


Figure 6: Effet de la durée d'extraction sur la teneur en composés phénoliques des extraits aqueux de *Matricaria pubescens*.

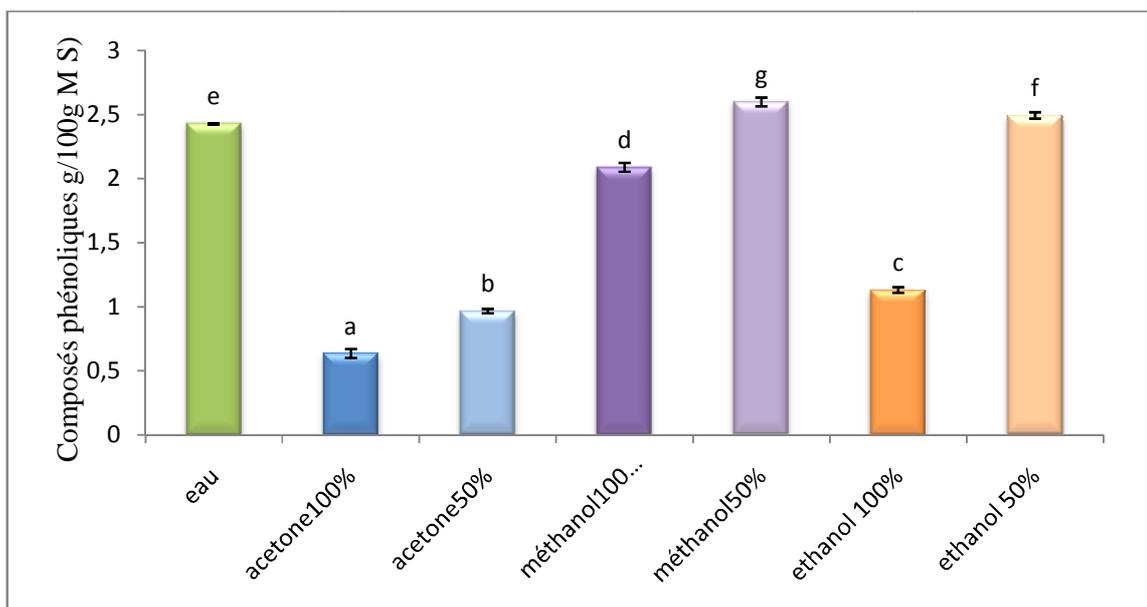


Figure 7 : Effet du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques des extraits de *Matricaria pubescens*.

-Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a<b<c).

Des teneurs en composés phénoliques allant de 1,94 à 3,74 g/100g de MS de certaines plantes de la famille des Astéracées (*Arctium lappa*, *Artemisia annua*, *Artemisia argyi* et *Artemisia capillaris*) ont été rapporté par Yizhong *et al.* (2003), en utilisant le méthanol comme solvant d'extraction.

Dans la présente étude l'analyse statistique montre que le meilleur solvant d'extraction des composés phénoliques de *Matricaria pubescens* est le méthanol à 50% (v/v). Des résultats similaires ont été obtenus par Ksouri *et al.* (2008), lors d'une étude sur les halophytes tunisiens, ils ont constaté que la teneur la plus élevée est obtenue avec le méthanol avec une valeur de 0,15 g EAG/100g de MS.

Tawaha *et al.* (2007), ont utilisés l'eau et le méthanol comme solvant d'extraction de certaines plantes de la famille Lamiacée.

Les extraits de la matricaire à l'acétone 100% ont une faible teneur en composés phénoliques, cette teneur peut être expliquée par la présence de composés phénoliques de faible solubilité dans l'acétone 100% par rapport aux autres solvants utilisés. De plus, les glucides ne sont pas solubles dans l'acétone 100%, ainsi, les composés phénoliques glycosylés ne peuvent pas être extraits (Kouri *et al.*, 2007).

Les acides phénoliques très polaires (acides benzoïques et cinnamiques) ne peuvent pas être extraits complètement avec des solvants organiques purs ; les mélanges alcool-eau sont recommandés, et les substances moins polaires (dérivés d'acides phénoliques) ne sont pas isolées quantitativement en utilisant l'eau pure comme solvant d'extraction (Cazes, 2005).

L'eau pure comme solvant d'extraction 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).

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 composés phénoliques (Lapornic *et al.*, 2005 ; Liyana-Pathirana et Shahidi, 2005).

Les teneurs et la composition en polyphénols diffèrent d'un auteur à un autre. Cela est probablement dû à différents facteurs comme la complexité de ces composés, la variété des plantes (différentes familles), le type et la concentration du solvant, la différence de la période et la région de récolte. De plus la méthode d'extraction et du dosage influence les teneurs en composés phénoliques.

La solubilité des composés phénoliques est influencée par le type de solvant utilisé et le degré de leurs polymérisation (Tazao, 2004 ; Naczka et Shahidi, 2004). Cependant, ces derniers sont le plus souvent combinés à d'autres substances (protéines, polysaccharides, terpènes, chlorophylle, lipides, composés inorganiques, ...) (Monpon *et al.*, 1996).

I.2. Les flavonoïdes

L'étude statistique montre que les teneurs en flavonoïdes obtenues dans les extraits préparés après des durées différentes, présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 8). La teneur la plus élevée (0,44 g/100g) est obtenue après 2 heures alors que la plus faible teneur (0,33 g/100g) est obtenue après 1 heure d'extraction. Les extraits obtenus après 30 minutes, 4 heures et 2 heures plus une nuit d'extraction présentent des teneurs comprises entre (0,34 et 0,36 g/100g).

De nombreux chercheurs rapportent la possibilité d'oxydation des composés phénoliques pendant les extractions à long terme qui peuvent mener aux faibles teneurs (Naczka et Shahidi, 2004 ; Druzynska *et al.*, 2007).

Les teneurs en flavonoïdes des extraits varient selon le solvant d'extraction d'une manière significative ($p < 0,05$) (figure 9). Le méthanol 100% présente le meilleur solvant avec une teneur de 1,11 g/100g, suivi par l'acétone 100%, l'éthanol 50%, l'éthanol 100%, le méthanol 50% et l'acétone 50%, qui ont donné des teneurs moyennes de 0,92, 0,88, 0,82, 0,80 et 0,55 g/100g, respectivement; la plus faible teneur (0,34 g/100g) est obtenue avec l'eau.

Selon Ait ouali et Boukhanouf (2011), la meilleure teneur en flavonoïdes extraits à partir d'une plante de genre *Rubus* a été observée lors de l'utilisation du méthanol à 100%, elle a été estimée à 0,0027 mg équivalent quercétine /g de MS.

Un rapport de 70% de méthanol est utilisé généralement dans l'extraction des flavonoïdes (catéchines ou épicatechines), les acides-phénols et leurs dérivés et plusieurs autres sous groupes des flavonoïdes (Al-farsi et Lee, 2007 ; Tabart *et al.*, 2007).

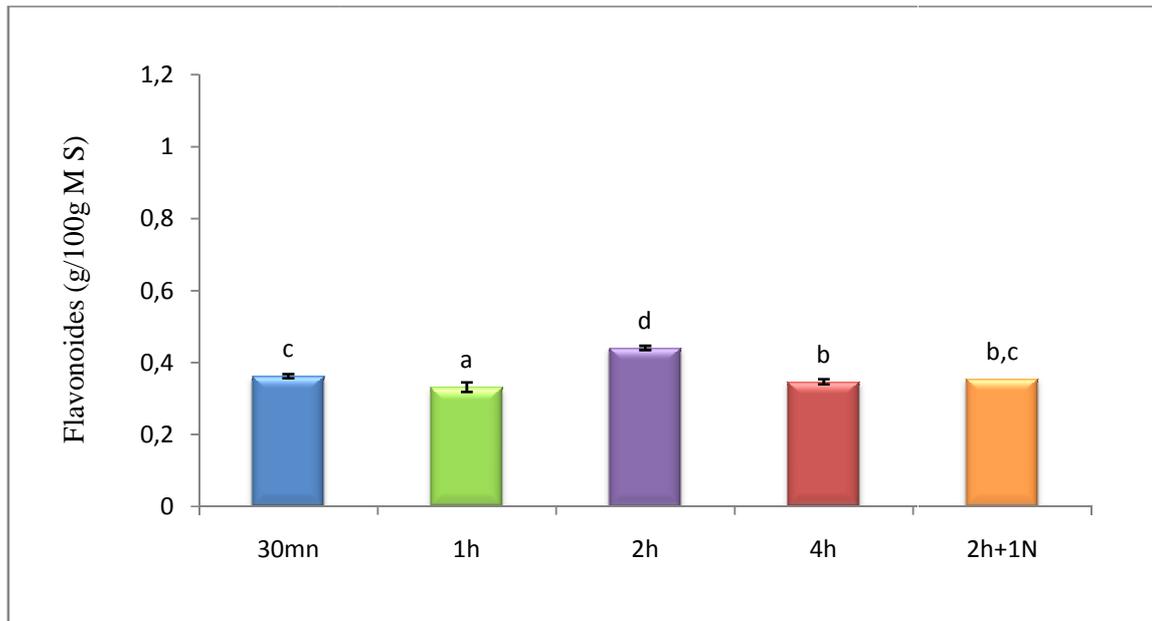


Figure 8 : Effet de la durée d'extraction sur la teneur en flavonoïdes des extraits aqueux de *Matricaria pubescens*.

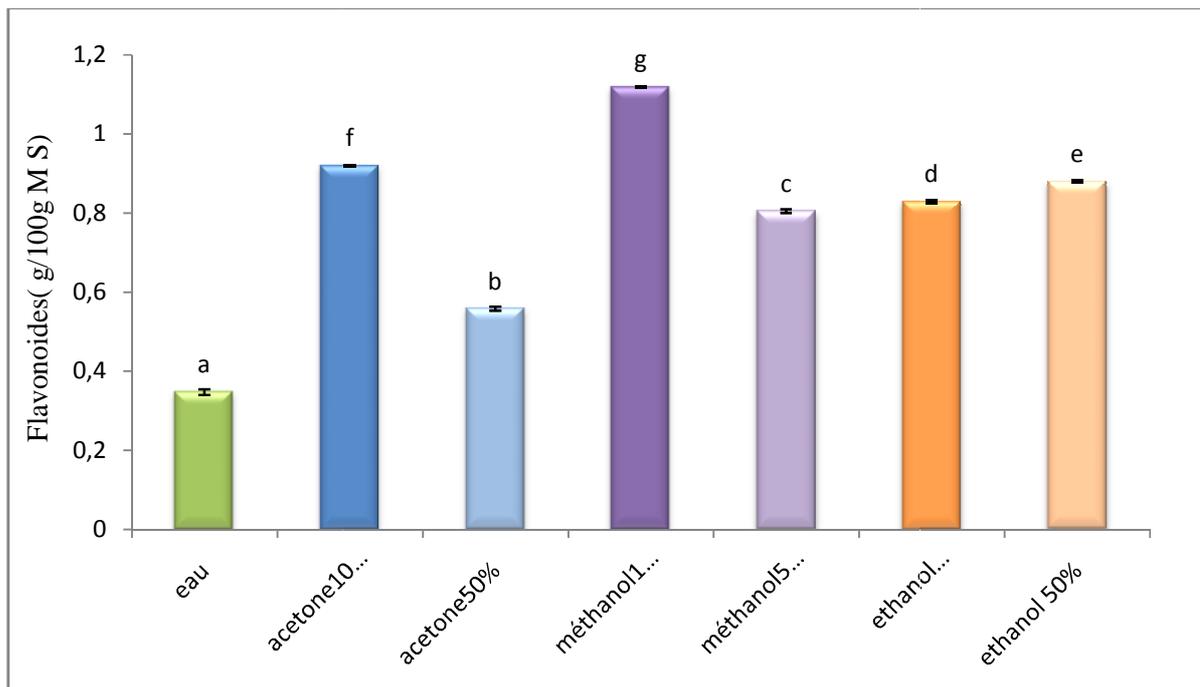


Figure 9 : Effet du solvant d'extraction sur la teneur en flavonoïdes des extraits de *Matricaria pubescens*.

-Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a<b<c).

Des teneurs en flavonoïdes extraites à partir d'une plante du genre *Micromeria* varient de 1,22 à 2,45 mg EQ/g de MS ; l'extrait acétonique a permis la meilleure extraction par rapport à d'autres solvants.

La solubilité des flavonoïdes dépend du nombre, du type et de la position de la liaison des glucides avec les flavonoïdes (Lapronik *et al.*, 2005).

I.3. Les tannins

I.3.1. Les tannins condensés

Des différences significatives ont été révélées entre les concentrations en tannins condensés des extraits obtenus selon la durée d'extraction (figure 10).

L'extrait préparé après 2 heures d'extraction présente la teneur en tannins condensés la plus élevée (3,78 g/100g), les extraits obtenus après 4 heures, 2 heures plus une nuit d'incubation et 1 heure d'extraction, ont des teneurs égales à 3,58, 3,46 et 3,21g/100g, respectivement ; la plus faible teneur (2,93 g/100g) est obtenue après 30 minutes d'extraction.

L'étude statistique montre que les solvants utilisés pour l'extraction des tannins condensés présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 11). L'extrait au méthanol 100% présente la teneur la plus élevée (1,70 g/100g), suivi par l'éthanol 100% (1,22 g/100g) et le méthanol 50% (1,17 g/100g). Les teneurs les plus faibles sont obtenues avec l'eau (0,35g/100g) et l'éthanol 50% (0,31 g/100g). Les tannins condensés des extraits acétoniques (100% et 50%) ne sont pas détectés.

L'efficacité des solvants utilisés pour l'extraction des tannins condensés à partir de la matricaire présente l'ordre suivant : méthanol 100% > éthanol 100% > méthanol 50% > eau > éthanol 50%.

Les teneurs en tannins condensés non détectés dans les extraits acétoniques (100%, 50%), pourraient être expliquées par la possibilité d'interaction de ces composés avec d'autres substances de nature non phénoliques ayant peut être été entraînées par l'acétone pendant la macération. Ça pourrait être dû également à la présence d'impuretés qui peuvent interférer dans le dosage.

Suite à une extraction par l'acétone 50%, méthanol 100%, éthanol 100%, éthanol 50%, méthanol 50%, l'eau et acétone, Wei *et al.* (2010), ont rapporté que le teneur la plus

élevée en tannins condensés des feuilles de *Machilus pauhoi* (13.58 g/100g MS) est constatée dans l'extrait à l'acétone 50%, tandis que la plus faible (2,203 mg/100g MS) est obtenues avec l'acétone pur.

Ait ouali et Boukhanouf (2010), ont trouvé que la meilleur teneur en tannins condensés obtenue à partir de *Rubus ulmifolius* a été constatée lors de l'utilisation du méthanol à 100% comme solvant d'extraction, avec une valeur de 0.00028 mg équivalent acide tannique/g de MS.

Bouzid *et al.* (2010), lors d'une étude sur l '*Aubepine monogyne*, révèlent que l'extrait méthanolique est le plus riche en composés phénoliques, en flavonoïdes et en tannins.

Bourouf (2008), lors de leur étude sur quelques herbes aromatiques à température ambiante a trouvé des valeurs en tannins condensés qui varient de 0.126 à 0.657 g/100g.

Oszmianski *et al.* (2005), après leur étude sur la racine de certaines plantes appartiennent à la famille des rosacées, ils ont trouvé des teneurs en proanthocyanidines comprises entre (1et 8g/100g MS).

Les résultats montrent aussi que les extraits acétoniques présentent des teneurs non détectés qui peuvent être du à Nature du solvant et la méthode du dosage. Ces résultats peuvent être expliqués par, la possibilité d'oxydation des tannins condensés à long durée. Le poids moléculaire élevé des tannins condensés de la matricaire les rend solubles dans les solvants moins polaires.

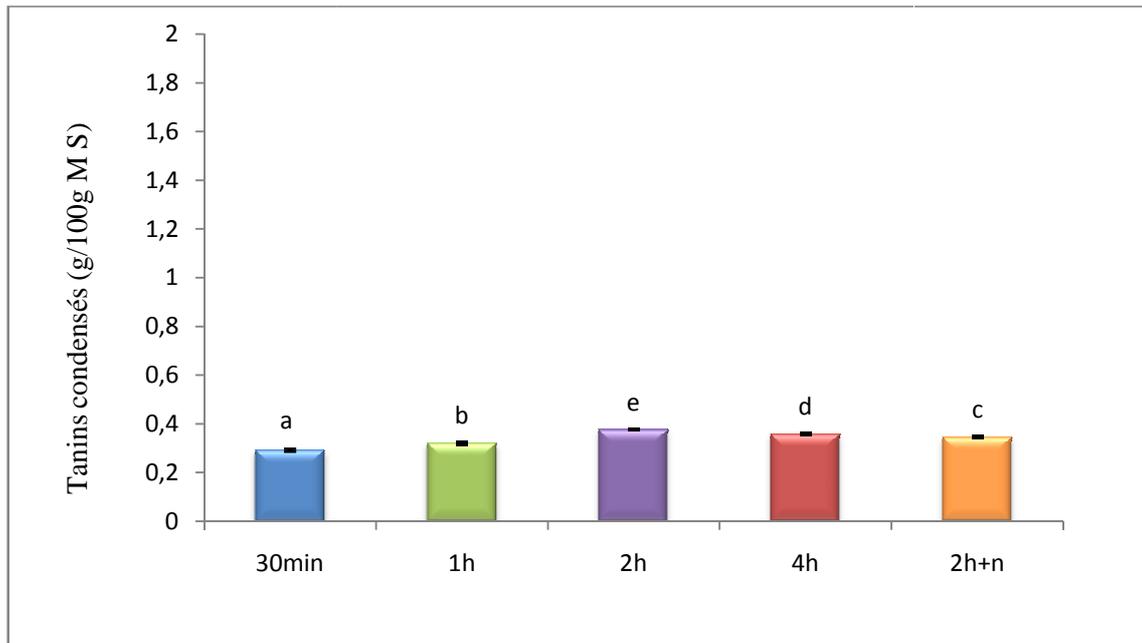


Figure 10 : Effet de la durée d'extraction sur la teneur en tannins condensés des extraits aqueux de *Matricaria pubescens*.

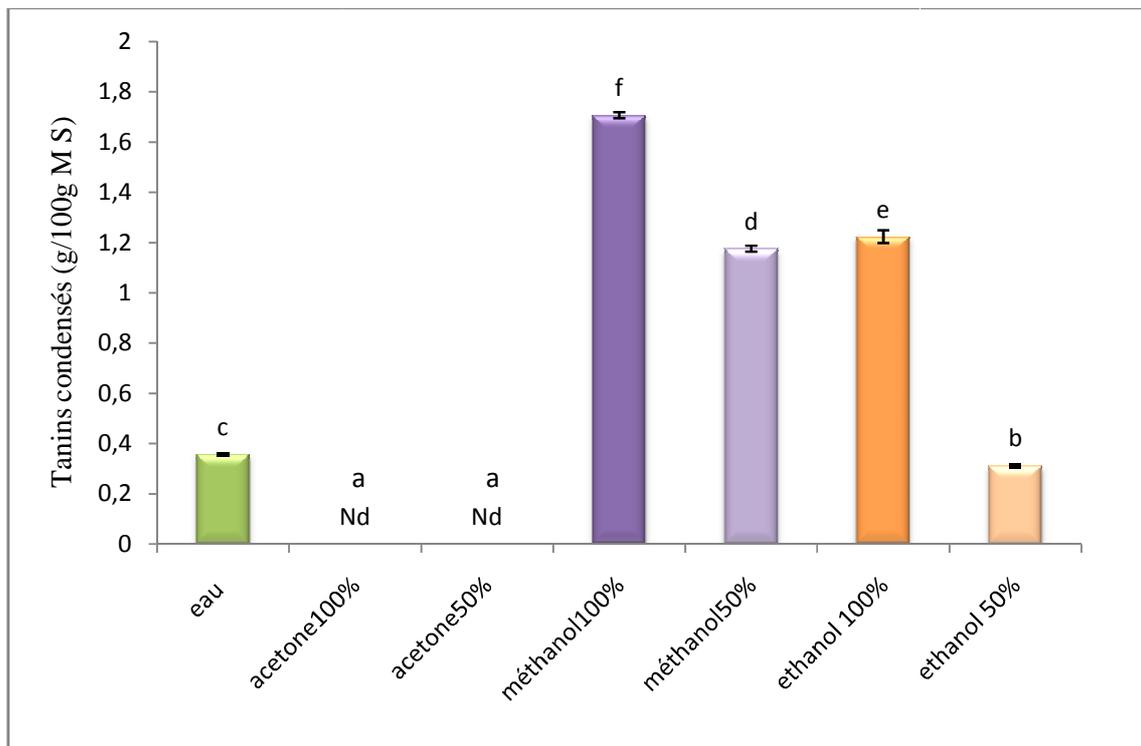


Figure 11 : Effet du solvant d'extraction sur la teneur en tannins condensés des extraits de *Matricaria pubescens*.

-Nd : Non détectés.

-Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a<b<c).

I.3.2. Tannins hydrolysables

Les teneurs en tannins hydrolysables présentent des différences significatives ($p < 0,05$) selon la durée d'extraction (figure 12).

L'extrait obtenu après 2 heures suivies d'une nuit d'incubation présente la teneur la plus élevée (0,47 g/100g), les extraits obtenus après 1 heure, 2 heures et 4 heures présentent des concentrations similaires sans différence significative avec des valeurs allant de 0,17 à 0,29 g/100g, tandis que la plus faible valeur (0,11 g/100g) est trouvée après 30 minutes d'extraction.

La teneur en tannins hydrolysables augmente considérablement en augmentant la durée d'extraction de 30 minutes à 2 heures plus une nuit d'extraction, d'une façon significative. La prolongation du temps d'extraction pourrait permettre d'extraire plus de composés.

L'étude statistique montre que les solvants utilisés pour l'extraction des tannins présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 13). L'extrait à l'acétone 50% présente la teneur la plus élevée en tannins hydrolysables (0,68 g/100g). Les extraits préparés par l'éthanol 100%, l'acétone 100%, le méthanol 100%, l'éthanol 50% et l'eau présentent des teneurs en tannins hydrolysables comprises entre 0,32 et 0,27g/100g. La teneur la plus faible (0,23 g/100g) est trouvée dans l'extrait méthanolique (50%).

L'efficacité des solvants utilisés pour l'extraction des tannins hydrolysables à partir de la matricaire présente l'ordre suivant : acétone 50% > éthanol 100% > acétone 100% > méthanol 100% > éthanol 50% > l'eau > méthanol 50%.

Metrouh (2008), lors de son étude sur *Ceratonia siliqua* à 25°C et en utilisant l'acétone 30%, l'acétone 50% et l'acétone 70%, a trouvé des teneurs en tannins comprises entre 0,05 et 0,17 g/100g.

Chavan *et al.* (2001), a signalé que l'acétone aqueux (70%) acidifié ou non était plus efficace que l'acétone absolue pour le rétablissement d'une quantité maximum en tannins.

Oszmianski *et al.* (2005), après leur étude sur la racine de certaines plantes appartiennent à la famille des rosacées, ils ont trouvé 3.3 g d'acide éllagique /100g et 27.5 g d'acide gallique /100g.

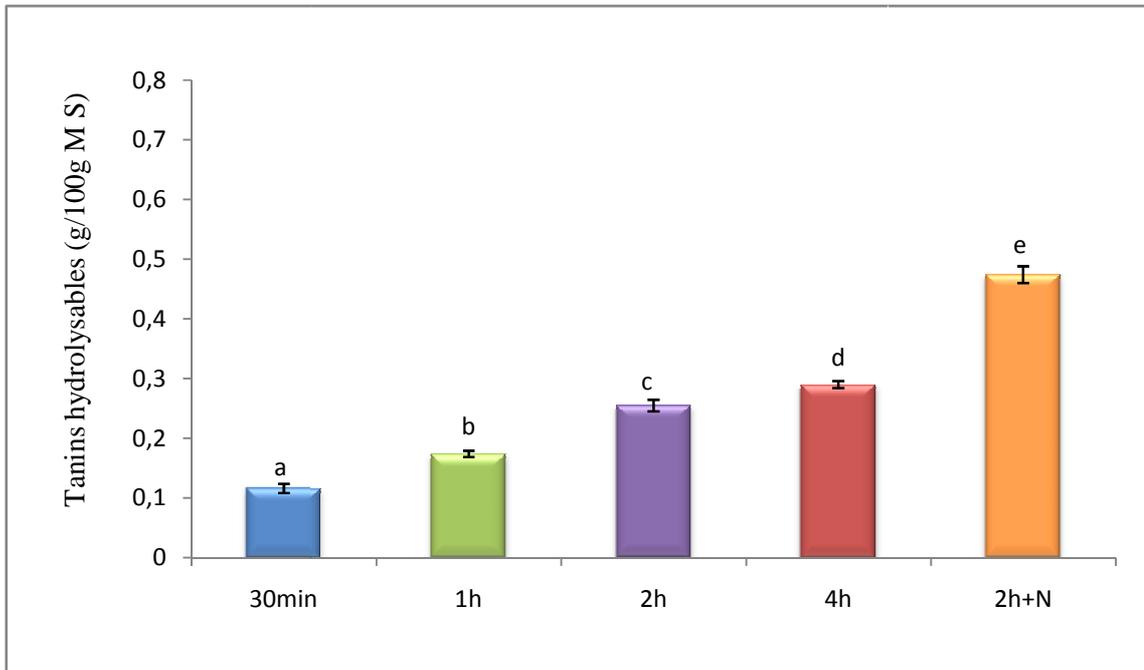


Figure 12 : Effet de la durée d'extraction sur la teneur en tannins hydrolysables des extraits aqueux de *Matricaria pubescens*.

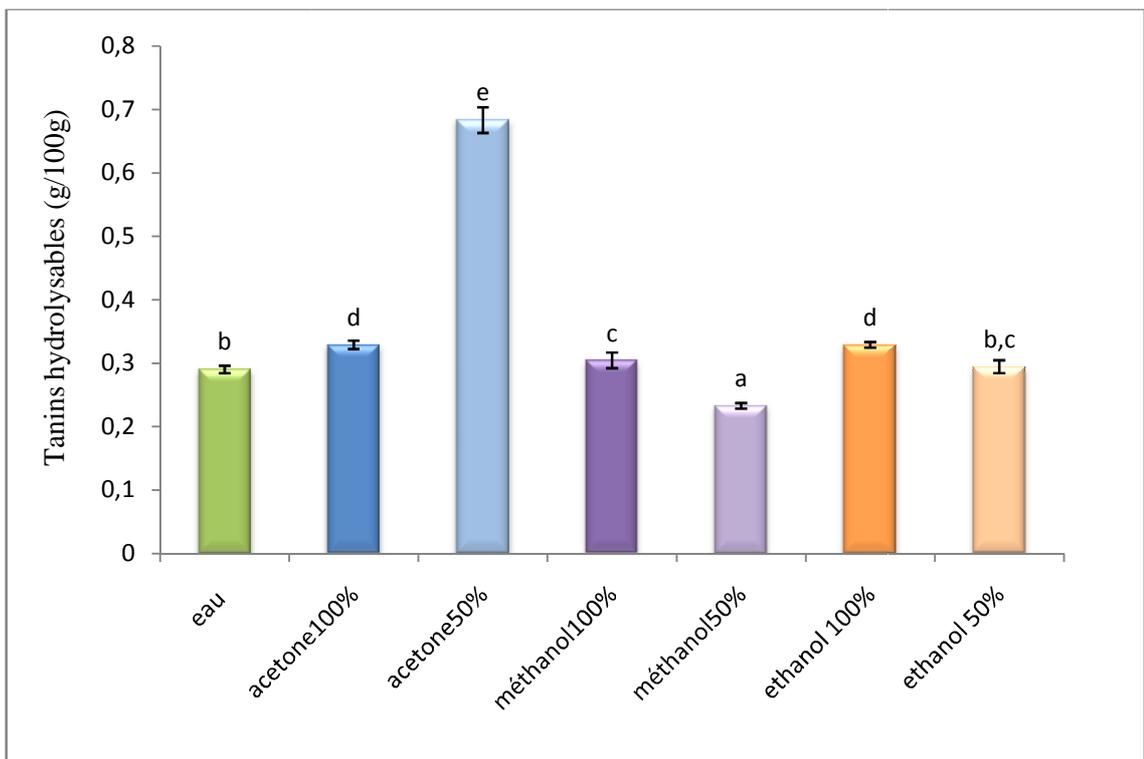


Figure 13 : Effet du solvant d'extraction sur la teneur en tannins hydrolysables des extraits de *Matricaria pubescens*.

-Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a<b<c).

Saad et al. (2012), ont rapporté des teneurs allant de 5,04 à 4,70 g TAC/g MS) en tannins hydrolysables de l'écorce de quatre variétés de grenade.

On constate que la teneur en tannins hydrolysables augmente avec la durée. La nature du solvant peut influencer sur la teneur en tannins hydrolysables

II. Activité antioxydante

II.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est la capacité qu'a un extrait à donner un électron et à réduire le fer. De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (Tepe *et al.*, 2005).

Les pouvoirs réducteurs des extraits préparés à différents temps d'extraction présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 14). L'extrait obtenu après 2 heures suivies d'une nuit d'incubation à le pouvoir réducteur le plus fort (0,81 g d'acide ascorbique/100g), les extraits obtenus après 4 heures et 2 heures ont des pouvoirs réducteurs semblables égales à 0,73 et 0,70g d'acide ascorbique/100g, respectivement. Les activités réductrices les plus faibles sont présentées par les extraits préparés après 30 minutes (0,61 g d'acide ascorbique/100g) et 1 heure d'extraction (0,64 g d'acide ascorbique/100g).

Le pouvoir réducteur des extraits de la matricaire varie significativement selon le solvant d'extraction ($p < 0,05$) (figure 15). Le plus fort pouvoir réducteur (1,27 d'acide ascorbique/100g) est présenté par l'extrait méthanolique (50%), tandis que le plus faible (0,25 g d'acide ascorbique/100g) est présenté par l'extrait acétonique (100%). Les résultats montrent que l'activité des extraits aqueux est supérieure à celle des extraits purs.

L'eau dissout plus favorablement les polyphénols polaires avec une activité antioxydante élevée car la polarité élevée signifie que plus de groupement hydroxyles sur le cycle des polyphénols (Xie et Dixon, 2005).

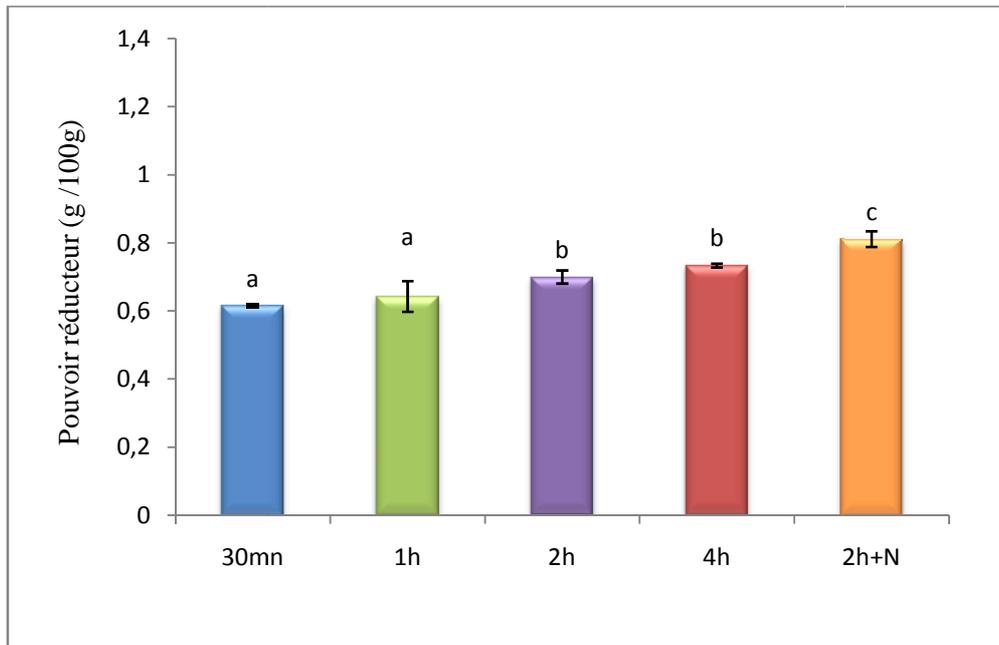


Figure 14 : Effet de la durée d'extraction sur le pouvoir réducteur des extraits aqueux de *Matricaria pubescens*.

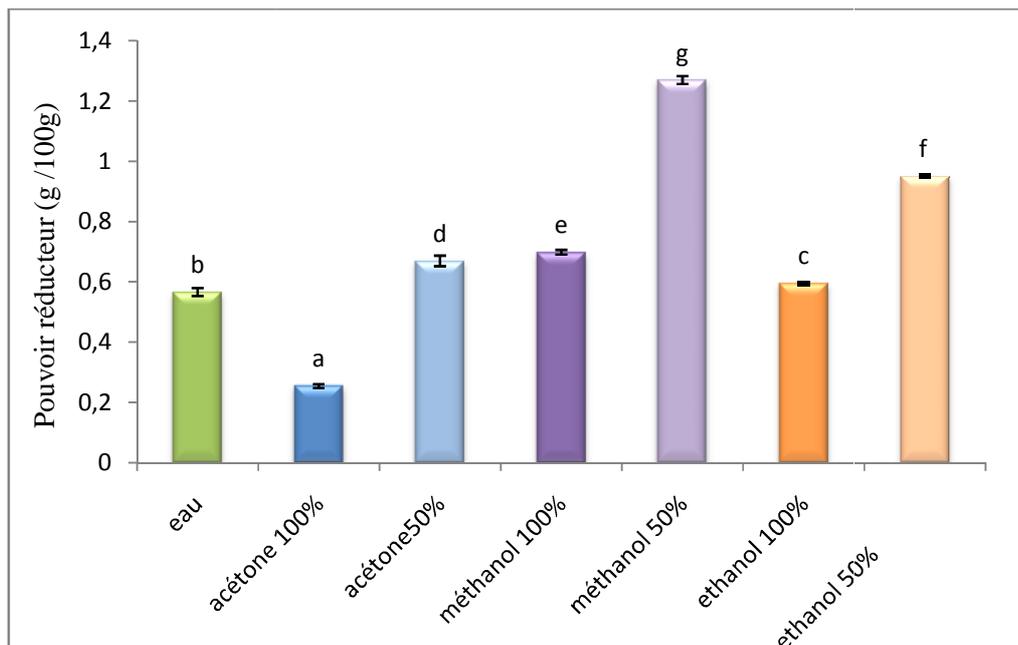


Figure 15 : Effet du solvant d'extraction sur le pouvoir réducteur des extraits de *Matricaria pubescens*.

-Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a<b<c).

Les résultats de dosage des composés phénoliques et leurs classes individuelles des extraits de *Matricaria pubescens*, après différentes durées d'extraction (annexes), révèlent l'existence d'une bonne corrélation linéaire entre le pouvoir réducteur et les teneurs en composés phénoliques ($r=0,80$) et en tannins hydrolysables ($r=0,95$). Dans le cas des tannins condensés la corrélation est moyenne ($r=0,59$), alors qu'une très faible corrélation est obtenue avec les flavonoïdes ($r=0,051$). Ceci indique que les composés phénoliques et les tannins hydrolysables dosés dans la matricaire ont des bonnes capacités réductrices.

D'après les résultats de l'analyse statistique des extraits préparés par différents solvant, une bonne corrélation existe entre le pouvoir réducteur et les teneurs en composés phénoliques ($r=0,73$), de faibles corrélations sont révélées avec les tannins condensés ($r=0,38$), et les tannins hydrolysables ($r=0,24$). Tandis qu'une corrélation négligeable a été observée avec les flavonoïdes ($r=0,070$) (annexes).

Les capacités réductrices des composés phénoliques et leurs classes individuelles (flavonoïdes, tannins hydrolysables et tannins condensés) pourrait être expliquées par la nature et/ou la quantité de ses composés dans les différents extraits de la matricaire. Les interactions de ces composés entre eux et avec d'autres substances de nature non phénolique pourraient modifier le pouvoir antioxydant.

II. 2. Pouvoir antiradicalaire :

L'efficacité d'un antioxydant peut être définie comme sa capacité à fixer des Radicaux libres, donc à arrêter la propagation de la réaction en chaîne. Afin d'évaluer cette efficacité, la méthode au diphényl-picryl hydrazyl est utilisée. Le degré de décoloration indique le potentiel piègeur des antioxydants présents dans les extraits (Molyneux, 2004).

L'étude statistique révèle que l'extrait obtenu après 2 heures suivies d'une nuit d'incubation présente l'activité antiradicalaire la plus élevée (85,19%) alors que la plus faible activité (83,85%) est obtenue après 30 minutes d'extraction (figure 18).

L'analyse statistique montre que les solvants utilisés présentent des différences Significative ($p<0,05$) (figure 19). L'extrait à l'éthanol 50% présente l'activité antiradicalaire la plus élevée (93,46%), tandis que l'activité la plus faible (83,88 %) est

obtenue avec l'acétone 100%. Les activités antiradicalaires des extraits obtenus avec le méthanol 100%, l'acétone 50%, le méthanol 50%, l'éthanol 100% et l'eau sont présentées par des pourcentages d'inhibitions égales à 90,90 ; 89,98 ; 89,81 ; 88,58 et 84,69 %, respectivement.

Des résultats similaires sont indiqués par Ksouri *et al.* (2007) et Mohsen *et al.* (2009), sur des études réalisées sur le maïs et l'origan, respectivement, les extraits éthanoliques sont très efficaces pour le piégeage des radicaux DPPH grâce à leur teneur élevée en acides phénoliques et flavonoïdes glycosides (Ksouri *et al.*, 2007).

Ces résultats sont aussi similaires à ceux de Lapornik *et al.* (2005), qui ont montré que l'activité antiradicalaire la plus élevée est celle des extraits d'éthanol 70%. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'éthanol est efficace dans la dégradation des parois et graines cellulaires qui ont un caractère non polaire et entraîne la libération des anthocyanines et autres polyphénols à partir des cellules.

Les faibles activités antiradicalaires obtenues avec l'acétone 100% pourraient être expliquées par le fait que ce solvant n'est pas adéquat pour l'extraction des composés phénoliques de la matricaire. Ceci signifie que la polarité du solvant affecte sa capacité à dissoudre certain groupe de composés antioxydant et influence ainsi l'estimation de l'activité antioxydante.

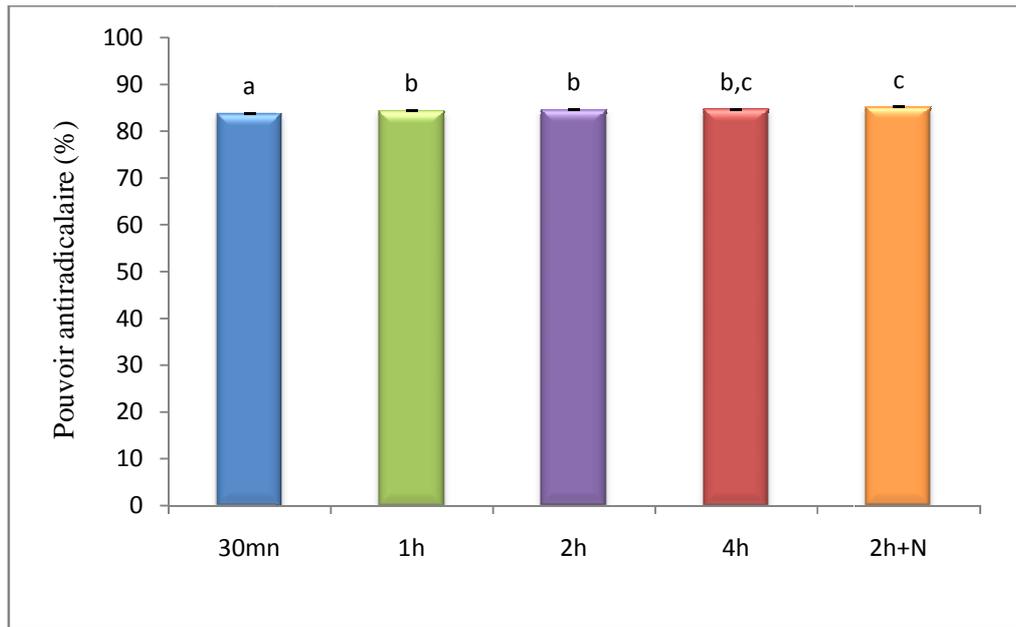


Figure 16 : Effet de la durée d'extraction sur l'activité antiradicalaire des extraits aqueux de *Matricaria pubescens*.

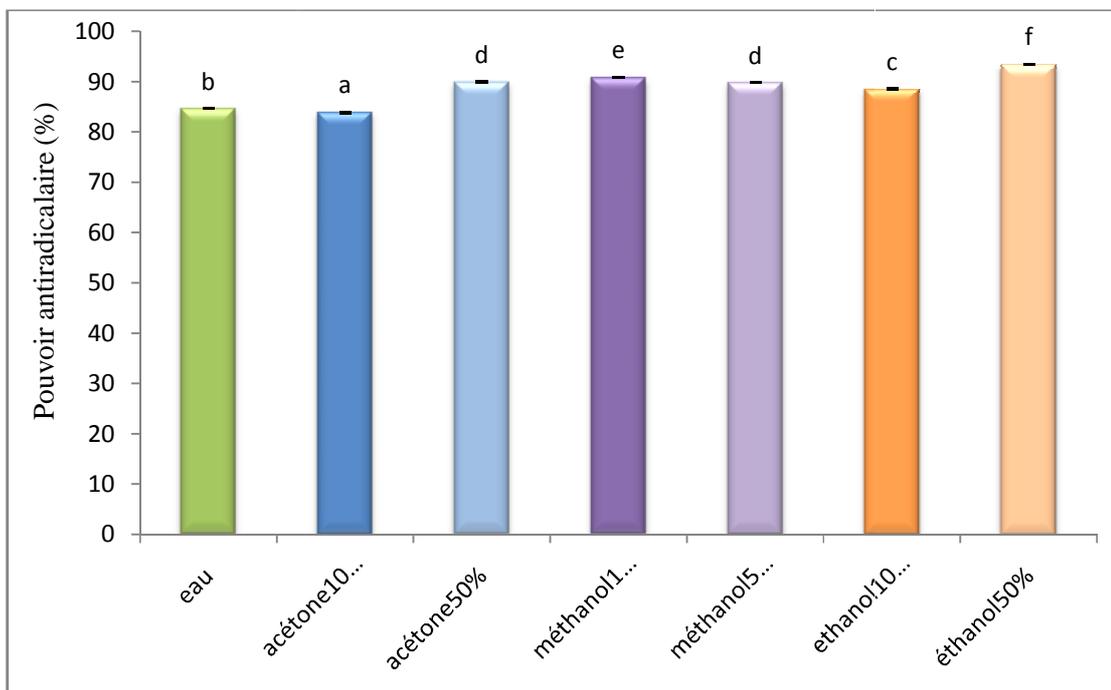


Figure 17: effet du solvant d'extraction sur l'activité antiradicalaire des extraits de *Matricaria pubescens*.

-Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a<b<c).

Les études menées par Gulçin *et al.* (2003) et Tepe *et al.* (2005), indiquent que le solvant d'extraction a une influence sur l'activité antioxydante des extraits.

La variation dans l'activité antioxydante pourrait être due à la quantité et /ou à la nature des substances antioxydantes présentes dans les extraits de la matricaire.

Pour les extraits préparés après différentes durées d'extraction, une bonne corrélation linéaire est obtenue entre le pouvoir antiradicalaire et les teneurs en composés phénoliques ($r=0,70$) et en tannins hydrolysables ($r=0,83$), une moyenne corrélation est obtenue avec les tannins condensés ($r=0,59$). Une corrélation négligeable est trouvée avec les flavonoïdes ($r=0,003$) (annexes). Ceci indique que les composés phénoliques et les tannins hydrolysables de ces extraits ont une bonne capacité de réduire les oxydants, dans le cas des tannins condensés la capacité est moyenne.

En outre les résultats de dosage des antioxydants de la matricaire extraits en utilisant plusieurs solvants d'extraction, révèlent l'existence d'une faible corrélation linéaire entre le pouvoir antiradicalaire et les teneurs en composés phénoliques ($r=0,41$), flavonoïdes ($r=0,39$) et en tannins condensés ($r=0,33$), cependant une très faible corrélation avec les tannins hydrolysables ($r=0,10$) (annexes). Ceci indique que les composés phénoliques et leurs classes individuelles de ces extraits ont une faible capacité de piéger les radicaux libres.

La glycosylation des flavonoïdes réduit leur activité anti-oxydante (Rice-Evans *et al.*, 1996). Selon Cai *et al.* (2004), il existe une relation entre le pouvoir anti-oxydant et la structure des composés phénoliques (nombre et position des groupements hydroxyles sur le noyau aromatique de la molécule, glycosylation et présence d'autres groupements donneurs de protons).

Kähkönen *et al.* (1999) n'ont constaté aucune corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante des plantes. Selon ces auteurs, la teneur en polyphénols ne prédit pas l'activité antioxydante du fait que différents composés phénoliques répondent différemment au dosage par la méthode de Folin-Ciocalteu, et que l'activité antioxydante d'un composé phénolique dépend de sa structure.

Il est difficile d'expliquer la relation existant entre les antioxydants et l'activité antioxydante d'un végétal en se basant sur la seule analyse quantitative, du fait qu'il

existe une relation non seulement avec le taux d'antioxydants mais aussi de l'interaction entre eux et avec d'autres constituants (Yoo *et al.*, 2008).

Puisque la composition chimique et les structures des composés actifs de l'extrait sont des facteurs important modulant l'efficacité des antioxydants naturels, l'activité antioxydante ne doit pas être expliquée seulement en se basant sur leurs teneurs en composés phénoliques, d'où il est important de caractériser ces composés (Soufi, 2008).

Les deux activités antioxydantes de la matricaire (pouvoir réducteur et activité antiradicalaire) (annexes), mesurées dans les extraits préparés après différentes durées d'extraction, présentent une bonne corrélation linéaire, avec un coefficient de corrélation de 0,78. Celles mesurées dans les extraits obtenus en utilisant plusieurs solvants révèlent l'existence d'une bonne corrélation avec un coefficient de corrélation de $r=0,68$ (annexes). Ceci indique que les composés phénoliques et leurs classes individuelles de la matricaire ont une bonne capacité de réduire les oxydants et de piéger les radicaux libres.

Conclusion

La présente étude est consacrée aux dosages de quelques antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, tannins condensés et hydrolysables) d'une plante médicinale de la flore du Sahara algérienne « *Matricaria pubescens* », après leur extraction en utilisant plusieurs solvants et différentes durées, ainsi qu'à la détermination de l'activité antioxydante des extraits obtenus.

Les teneurs en composés phénoliques totaux de la matricaire diffèrent selon la durée d'extraction. La concentration la plus élevée est obtenue après 4h d'extraction, alors que la teneur la plus faible est obtenue après 30 min d'extraction.

L'étude statistique montre que les teneurs en flavonoïdes obtenues dans les extraits préparés après des durées différentes présentent des différences significatives ($p < 0,05$). La teneur la plus élevée est obtenue après 2heures, tandis que la plus faible teneur est obtenue après 1heure d'extraction.

Des différences significatives ont été révélées entre les concentrations en tannins des extraits obtenus selon la durée d'extraction. La teneur la plus élevée en tannins condensés est obtenue après 2heures d'extraction, cependant celle des tannins hydrolysables est constatée après 2heures suivies d'une nuit d'incubation. Les plus faibles teneurs de tannins condensés de tannins hydrolysables sont obtenues après 30 minutes d'extraction.

Les résultats du dosage des composés phénoliques et leurs classes individuelles des extraits de la matricaire montrent des différences significatives selon le solvant utilisé. Le méthanol 50% est le solvant le plus efficace pour l'extraction des composés phénoliques totaux, le méthanol 100% pour les flavonoïdes et les tannins condensés, concernant les tannins hydrolysables l'acétone 50% est le plus efficace.

Les pouvoirs antioxydants des extraits préparés à différents temps d'extraction présentent des différences significatives. L'extrait obtenu après 2heures suivies d'une nuit d'incubation présente le pouvoir antioxydant le plus fort. Les activités les plus faibles sont présentées par les extraits préparés après 30 minutes.

Les activités antioxydantes des extraits de la matricaire varient significativement selon le solvant d'extraction. Le plus fort pouvoir réducteur est présenté par l'extrait

méthanolique (50%). L'extrait à l'éthanol 50% présente l'activité antiradicalaire la plus élevée. L'activité la plus faible est obtenue avec l'acétone 100%.

Les résultats obtenus révèlent l'existence d'une bonne corrélation linéaire entre le pouvoir antioxydant des extraits de la matricaire après différentes durées d'extraction et les teneurs en composés phénoliques et en tannins hydrolysables. Dans le cas des tannins condensés la corrélation est moyenne, alors qu'une très faible corrélation est obtenue avec les flavonoïdes.

Une bonne corrélation est constatée entre le pouvoir réducteur des extraits préparés par différents solvant et les teneurs en composés phénoliques, de faibles corrélations sont révélées avec les flavonoïdes, les tannins condensés, et les tannins hydrolysables. Une faible corrélation est constatée entre le pouvoir antiradicalaire et les teneurs en composés phénoliques et leurs classes individuelles.

Les résultats montrent également l'existence d'une bonne corrélation entre le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire des extraits de la matricaire.

Dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant d' :

- Inclure d'autre paramètre pour l'optimisation de l'extraction des antioxydants, d'autres variétés, d'autres régions.
- Etudier les possibles activités biologiques de ces extraits afin de mettre en évidence d'éventuelles activités : anti-inflammatoire, antimicrobienne et cytotoxique.
- Isoler et doser les fractions responsables de ces activités.
- Cependant, il est nécessaire aujourd'hui, d'une mise en profit de cette plante. En d'autre terme, l'évaluation de leurs molécules actives d'une manière scientifique, en utilisant pour cela des méthodes adéquates.

Références bibliographiques

A

Ait ouali T et Boukhanouf T. 2011. Etude de l'effet du solvant et de la température de l'échange sur le taux d'extraction des composés phénoliques et l'activité antioxydante de *Rubus ulmifolius* Scott. Mémoire d'ingénieur d'état en science alimentaire, université de Bejaïa. p : 30.

Arabshahi- Delouee S. et Urooj A. 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. Food Chemistry. 102:1233-1240.

Avlessi F., Dangou, J., Wotto V.D., Alitonou G.A., Sohounhloué D. K. and Menut C. 2004. Propriétés antioxydantes de l'huile essentielle des feuilles de *clausena anisata* (Wild) Hook. Chimie. 7:1057-1061.

B

Bahorun T., Luximon-Ramma A., Crozier A and Aruoma O. 2004. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidants activities of Mauritian vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84:1553-1561.

Balasundram N., Sundram K. and Samman S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial byproducts: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 9: 191-203.

Bennik A. 2002. Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. Critical Reviews Oral Biology and Medicine. 13(2):184-196.

Birt D.F., Hendrich S., Wang W. 2001. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. Pharmacology and Therapeutics. 90: 157-177.

Bors W., Michel C. et Stettmaier K. 1997. Antioxidant effects of flavonoides. British Library. 6 : 399-402.

Bourouf A. 2008. Etude comparative de l'activité antioxydante de quelques herbes aromatiques. Magister. Université de Bejaïa .p :47.

Bouزيد W, Yahia M, Abdeddaim M, Aberkane M.C. et Ayachi A .2010. Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'*Aubepine monogyne*. Lebanese Science Journal. 12(1). p : 65.

Bruneton J. 1999. Terpènes et stéroïdes. In pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} Edition : Lavoisier. pp : 484-535.

Bruneton J. 2008. Pharmacognosie : Phytochimie plantes médicinales. Edition : Technique et Documentations .p : 1120.

Bruneton J. 2009. Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. 4^{ème} édition : Tec&Doc paris. P : 262.

Bossokpi I. 2003. Etude des activités biologiques de fagara zanthoxyloides Lam (Rutaceae). Travail réalisé en vue de l'obtention du diplôme Doctorat en pharmacie, université de Bamako. P: 13-14.

C

Cazes D-J. 2005. Encyclopedia of Chromatography In « Phenolic Acids in Naturel Plants: Analysis by HPLC». P1806.

Chahma A. 2006. Catalogue des plantes spontanées du sahara septentrional algérien. Ed Dar El-Houda Ain M'lila. p30.

Cai Y., Luob Q., Sunc M., Corkea H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Sciences. 74: 2179.

Chavan U. D., Shahidi F., & Nacz M. 2001. Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents. Food Chemistry. 75: 509-512.

Cheyrier V. 2005. Polyphenols in foods are more complex than often thought American. Journal of Clinical Nutrition. 81:223-229.

Chira K., J.H. Suh, Saucier et P.L. Teissèdre. 2008. Les polyphénols du raisin. Phytothérapie. 6 :75-82.

Chirinos R., Rogez H., Campos D., Pedreschi R., et Larondelle Y. 2007. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) tubers. Separation and Purification Technology. 55:217-225.

Chung Y., Chien C., Teng K. and Chou T. 2006. Antioxydant and mutagenic properties of *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb and Zucc. Food Chemistry. 97: 418-425.

Cotelle, N. 2001. Role of flavonoids in oxidative stress. Current topics in Medicinal Chemistry. 1: 569-590.

Cowan N.M. 1999. Plant products as antimicrobial agent. Clinical Microbiology Reviews. 12(4): 564-582.

Croteau R., Kutchan M.T., Lewis N.G., Buchanan B., Grisse W. et Jones R. 2002. Natural products (secondary metabolites) in Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Edition American society of plant physiologists. pp:1250-1318.

D

Da Silva S.L., Da Silva A., Honorio K.M., Marangoni S., Toyama M.H. et Da Silva A.B.F. 2004. The influence of electronic, steric and hydrophobic properties of flavonoid compounds in the inhibition of the xanthine oxidase. *Journal of Molecular Structure: theohem.* 684:1-7.

Densiov E.T. et Afanas'ev I. B. 2005. In oxidation and antioxidants in organic chemistry and biology. Ed : Taylor & Francis Group (U.S.A). PP: 703-861.

Derbel S. et Ghedira K. 2005. Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie.* N°1 :28-34.

Druzynska B., Stepniewska A et Wolosiak R. 2007. The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. *Acta Scientiarum Polunorum: Technologia Alimentaria.*6: 27-36.

E

Erkan N., Ayranci G. and Ayranci E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*), blackseed (*Nigella sativa L.*) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry.*110: 76-82.

F

Fine A.M. 2000. Oligomeric Proanthocyanidin Complexes: History, Structure, and Phytopharmaceutical Applications. *Alternative Medicine Review.*5:144-151.

G

Gardeli C., Papageorgiou V., Mallouchos A. and Komaitis M. 2007. Essential oil composition of *Pistacia lentiscus L.* and *Myrtus communis L.*: evaluation of antioxidant capacity of methanol extracts. *Food Chemistry.* PP: 1-11.

Garro Galvez J.M., Riedl B. et Conner A.H. 1997. Analytical Studies on Tara Tannins. *Holzforschung.* 51:235-243.

Girrotti C.C. 2006. Etude de la lipolyse et de la synthèse de composés du derme sous l'effet de la cirsimarine, flavone extraite de *Microtea debilis*. Thèse de doctorat INS Lyon. 131p.

Ghedira K. 2005. Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique Et emploi en thérapeutique. *Phytothérapie.*4 :162-169.

Goli A H., Barzegar M and Sahari M A. 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. Food Chemistry. 92:521-525.

Goudable J., Favier A. 1997. Radicaux libres oxygénés et antioxydants. Nutrition Clinique et Métabolisme. 11 :115-120.

Gramza A. and Korczak J. 2005. Tea constituents (*Camellia sinensis* L.) as antioxidants in lipid systems. Trends in Food Science & Technology. 16:351-358.

Grisvard et Chaudin. 1964. Le bon jardinier. Éd: la maison rustique. pp : 291-294.

Guignard J.L. 1979. Les composés aromatiques In : «Abrégé de biochimie végétale ». Ed Masson. PP: 171-214.

Gulçin I., 2006. Antioxydant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). Toxicology. 217:213-220.

H

Hammoud L. 2009. Recherche et détermination structurale des métabolites secondaires *Centaurea nicaeensis* all. Var. *Walliana*.M (Asteracea) : étude de la phase acétate éthyle de l'extrait hydro alcoolique .travail réalisé en vue de l'obtention du diplôme magister en chimie organique, université Mentouri Constantine. P. 1.

Halliwel B. 2007. Dietary polyphenols : Good , bad, or indifferent for your health? Cardiovascular Research.73:341-347.

Harborne N., Christophe Jacquier J.et O'Riordan D.2009. Optimisation of the extraction and processing conditions of camomille (*Matricaria chamomilla* L.) for incorporation into a beverage. Journal of Food Chemistry.115:15-19.

Harborne J.B. et Williams C.A. 2000. Advances in flavonoides research since 1992. Phytochemistry.55:481-504.

Havsteen B.H. 2002. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacology and Therapeutics. 96:67-202.

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

Heim K.L., Tagliaferro A.R. and Bobilya D.J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. Journal of Nutritional Biochemistry.13: 572-584.

Helme J., Ghazan J.B. and Perrin J.L. 2004. Actives et additives en cosmetology. Les antioxydants. Edition Tec & Doc. pp :337-352 .

Hennebelle T., Sahpaz S. et Bailleul F. 2004. Polyphénols végétaux sources, utilisation et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*. 1 :3-6.

I

Ipek E., Zeytinoglu H., Okay S., Tuylu B.A., Kurkcuoglu M. and Husun Can Baser K. .2007. Genotoxicity and antigenotoxicity of *Origanum* oil and carvacrol evaluated by Ames Salmonella/ microsomal test. *Food Chemistry*. 93:551-556.

Iserin P., Masson M., Restellini J-P., Moulard F, Zha E., De la Roque R., De la Roque O ., Vican P., Ybert E., Delesalle-Féat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloch J., Annie Botrel. 2001. Encyclopédie des plantes médicinales : Identification, préparation, soins, 2^{ème} Ed : Larousse/ VUEF. p 6-20.

IUCN (International Union for Nature and Natural Ressources), Centre for Méditerrananean Cooperation). 2005. A guide to medicinal plants in North Africa, Ed: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation Malaga (Spain).6:7.

J

Javanovic S.V., Steenken S., Tosic M., Marjanovic B., Simic M.J. 1994. Flavonoids as antioxidants. *Journal of the American Chemical Society*. 116: 4846-4851.

Jayaprakasha G.K et Patil B.S. 2007. In vitro evaluation of antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chemistry*. 101:410-418.

Jerez M., Pinelo M., Sineiro J. et Nunez M.J. 2006. Influence of extraction conditions on phenolic yields from pine bark : assessment of procyanidins polymerization degree by thiolysis. *Food Chemistry*. 94: 406-414.

K

Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J-P., Pihlaja K., Kujala T.S., et Heinonen M. 1999. Antioxidant Activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 3954-3962.

Khanababae K. Et Ree T.V., 2001.Tannins: classification and definition. *Natural Product Reports*.18: 641-649.

Kima M.Y., Iwaib K., et Matsue H. 2005. Phenolic compositions of *Viburnum dilatatum* Thunb. Fruits and their antiradical properties. *Journal of Food Composition and Analysis*.18:789-802.

Kouri G., Tsimogiannis D., Bardouki H., et Oreopoulou V. 2007. Extraction and analysis of antioxidant compounds from *Origanum dictamnus* . *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 155-162.

Ksouri R., Megdiche W, Debez-Falleh A, Grignon C et Abdelly C. 2007. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritime*. *Plant Physiology and Biochemistry*.45:244-249.

Ksouri R., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A.C Abdelly. 2008. Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Pharmacologie, toxicologie*.331:871.

L

Libman A., Bouamanivong S., Southavong B., Sydara K., Soejarto D. 2005. Medicinal plants: An important asset to healthcare in a region of central Laos. *Journal of Ethnopharmacology*.4128:1-9.

Labieniec M., Gabryelak T., Falcioni G. 2003. Antioxydant and pro-oxidant effects of tannins in digestive cells of the freshwater mussel *Unio tumidus*. *Mutation Research*: 19-28.

Lapornik B., Prosek M. et Wondra A.G. 2005. Comparaison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*. 71: 214-222.

Liyana-Pathirana C et Shahidi. 2005. Optimisation of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. *Food Chemistry* 93:47-56.

M

Macheix J.J., Fleuriet A. et Jay- Allemand C. 2005. Les composés phénoliques utilisés par l'homme et leur importance économique. In : les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolite secondaire d'importance économique. Ed. Presses polytechnique et universitaires romandes.185p.

Macheix J.J., Fleuriet A. et Sarni- Manchado P. 2006. Composés phénoliques dans la plante : Structure, biosynthèse, et rôles. *Les polyphénols en agroalimentaire*. Ed Tec &Doc Lavoisier. pp : 1-28.

Maiza K., Brac de la Perrière E.A., et Hammiche V. 1993. Pharmacopée traditionnelle saharienne : Sahara septentrional. *Médicaments et Aliments : L'Approche Ethnopharmacologique*. Pp :169-171.

Maiza K., Brac de la Perrière R.A., Hammiche V., 1995. Pharmacopée traditionnelle saharienne. *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines*. 9 (1) : 71–75.

Maiza K., Hammiche V., Maiza-Benabdesselam F. 2011. Traditional medicine in North Sahara “the Deffi”. *Life Sciences Leaf lets*.16:551-560.

Martin S. et Andriantsitohaina R. 2002. Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de cardiologie et d'angéologie*. 51 :304-315.

Matrouh H. 2008. Etude du pouvoir antioxydant de *Ceratonia siliqua* : Effets de la température et du solvant d'extraction. Mémoire de magister, université de Bejaïa. p : 33.

Middleton E., Kandaswami C., Theoharidies T.C. 2000. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacological Reviews*. 52: 673-751.

Mohammedi Z. 2005. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Mémoire de Magister . Université de Tlemcen. p :1.

Mohsen S.M et Ammar A.S.M. 2009. Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. *Food Chemistry*. 112:595-598.

Mompon B., Lemaire P., Mengal et M. Surbled.1998. Extraction des polyphénols : Du laboratoire à la production industrielle . *Polyphenols*. Ed. INRA, Paris.289p.

Mompon B., Lemaire B., Mengal P.et Surbled M. 1996. Extraction des polyphenols Du laboratoire à la production industrielle .Ed. INRA (Bordeaux, France).267 p.

N

Narayana K.R., Reddy M.S., Chaluvadi M.R., Krishina, D.R. 2001. Bioflavonoid classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian Journal of Pharmacology*. 33:2-16.

Nacz M. et Shahidi F.2006. Phenolic in cereals, fruits and vegetables : Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41:1523-1542.

Nacz M et Shahidi F. 2004. Extraction and analysis of phenolic in food. *Journal of chromatography A: Food Science*.1054: 95-111.

Nacz M., Nichols T., Pink D. and Sosulski. 1994. Condensed tannins in canola hulls. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*: 42:2196-2200.

Nègre R.1962. Petite flore des regions arides du maroc occidental.TII.Ed. CNRS.pp :289.

O

Odabasoglu F ., Aslanb A., Cakirc A., Suleymand H., Karagoza Y., Bayira Y. et Halici M. 2005. Antioxidant activity, reducing power and total phenolic content of some lichen species. *Fitoterapia*. 76 :218.

Ouchikh A., Serier A. 2005. Etude phytochimique et pharmacologique de *Matricaria pubescens*. Travail réalisé en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie biologique. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. P.5.

Oszmianski J., Wojdylo A., Zarawska E-L., Swiader K. 2005. Antioxidant tannins from Rosaceae plant roots. Food Chemistry .100: 581.

Ould el hadj M.D., Hadj-Mahammed M., Zabeirou H. 2003. Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional est). pp : 47-51.

Ozenda P. 1991.Flore et végétation du Sahara. Ed: CNRS 1991.pp: 438; 601-602.

P

Pietta P-G. 2000. Flavonoids as antioxidants. Journal Of Natural Products. 63: 1035-1042.

Price M.L., Vanscoyoc S. et Butler G. 1978. Article evaluation of vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. I- Agric. Food Chemistry: 26. pp: 1210-1218.

Q

Quezel P., Santa S. 1963.Nouvelle flore de l'algerie et des regions désertiques méridionales. Ed : CNRS. pp : 982.

R

Reed J D. 1995 . Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. Journal of Animal Science.73:1516-1528.

Ribereau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P., and ribereau-Gayon P. 1982.Composés phénoliques. «Traité d'œnologie, sciences et technique du vin». Ed : Dunod : 477-499.

Ribereau-Gayon P.1968.Les composés phénoliques des végétaux.Èd Dunod, Paris. P: 61-153.

Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine. 20(7):933-956.

Richter G.1993.Composés phénoliques. In «Métabolisme des végétaux : physiologie et biochimie».Edition Presses polytechnique et universitaires romandes. PP: 317-339.

Robards K., Prenzler D.P., Tucker G., Swatsitang P.et Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food Chemistry.66:401-436.

Rubenza D.K., Shemb M.N., Otsyinac R., Bakengesac S.S., Ichinohed T. et Fujiharad T. 2005. Polyphénolics and tannins effect on in vitro digestibility of selected Acacia leaves. *Animal Feed Science and Technology*.119:129-142.

S

Saad H., Charrier-El Bouhtoury F., Pizzi A., Rode K., Charrier B. et Ayed N. 2012. Characterization of pomegranate peels tannin extractives. *Industrial Crops and Products*. 40: 242.

Schaenberg A., et Hess H.D. 2007. Les plantes contiennent des tannins dans l'alimentation des ruminants. *Revue UFA*, 2:45-46.

Shahidi F. 1997. *Natural antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Application*. The American Oil Chemists Society: 414.

Silva E.M., Rogez H. et Larondelle Y. 2007. Optimisation of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Journal of Separation and Purification Technology*. Vol. 55, pp 381-387.

Sokol-Letowska A., Oszmian J. et Wojdylo A. 2007. Antioxidant activity of the phenolic compounds of hawthorn, pine and shullcap. *Food Chemistry*.103:853-859.

Soobrattee M. A., Neergheen V.S., Luximon-Rammaa A., Aruomab O.I. et Bahorun T. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. *Mutation Research*. 579: 200-213.

Soufi O. 2008. Etude de l'effet du solvant d'extraction sur l'activité antioxydante de la mure. Mémoire de magister. Université de Bejaia. p: 50.

Spigno G., De Faveri, D.M. 2007. Antioxidants from grape stalks and marc: Influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts. *Journal of Food Engineering*.78: 793-801.

Su L., Yin J-J., Charles D., Zhou K., Moore J. et Yu L. 2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. *Food Chemistry*. 100:990-997.

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. P: 13.

T

Tabart J., Kevers C., Sipel A., Pincemail J., Defraigne J. O. et Dommes J. 2007. Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and stability during storage. *Journal of Food Chemistry*. 105:1268-1275.

Tawaha K., Alali F.Q., Gharaibeh M., Mohammad M. et El-Elimat T. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food Chemistry*. 104 (4) :1372-1378.

Telli A., Mahboub N., Boudjeh S., Siboukeur O. E. K. et Moulti-Mati F. 2010. Optimisation des conditions d'extraction des Polyphénols de dattes Lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L) Variété *Ghars*. *Annales des Sciences et Technologie*. 2(2).

Tepe B., Daferera D, Sokmen A., Sokmen M. et Polissiou M. 2005. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chemistry*. 90:333-340.

Tsao R., Deng Z. 2004. Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *Journal of Chromatography B*. 812:85-99.

Turkmen N., Sedat Velioglu Y., Sari F. et Polat G. 2007. Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenols Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molécules* .12:484-496.

V

Valko M., Rhodes C.J., Moncola J., Izakovic M., Mazura M. 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions* 160: 1-40.

Vukovc-Gacic N., Nikcevic S., Beric-Bjedov T., Knezencic-Vukcevic J. and Simic D. 2006. Antimutagenic effect of essential oil of sage (*Salvia officinalis* L.) and its monoterpenes against UV-induced mutation in *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food and Chemical Toxicology*. 44: 1730-1738.

W

Wei S., Chen R., Liao M., Tu N., Zhou H. and Lin Y. 2010. Antioxidant condensed tannins from *Machilus pauhoi* leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(5). pp: 799.

Wang S., Disting G.J., May C.N. et Woodman O.L. 2004. 3',4'-dihydroxyflavonol reduces infarct size and injury associated with myocardial ischaemia and reperfusion in sheep. *British Journal of Pharmacology*. 142:443-452.

Wchilt M. and Anton R. 2003. Plante thérapeutique (Tradition, pratique, officinale, science et thérapeutique). 2^{ème} Ed. Tec. Et Doc. Paris. 200-202.

X

Xie D-Y et Dixon R.A. 2005. Proanthocyanidin biosynthesis-still more questions than answers?. *Phytochemistry* .66: 2127-2144.

Y

Yoo K. M., Lee C. H., Lee H., Moon B. et Lee. C Y. 2008. Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*. 106: 929-936.

Z

Yizhong Caia., Qiong Luob., Mei Sunc. Et Harold Corkea. 2003. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*. 74:2160-2161.

La plupart de définitions des termes ont été prise à partir du dictionnaire "Le petit Larousse" et " Larousse : encyclopédie des plantes médicinales ".

Glossaire botanique

Akène : fruit sec, au péricarpe non soudé à la graine.

Bipennatiséquée : Feuille d'abord pennatiséquée et dont les segments secondaires sont également pennatiséqués.

Capitule : Inflorescence à fleurs sessiles ou subsessiles et serrées en tête sur un réceptacle.

Ecaille : Chacune des lames qui protègent certains organes végétaux.

Hermaphrodite : (grec : Hermaphrodite, nom mythique), se dit d'une fleur portant androcée et gynécée fonctionnels, c'est-à-dire bisexuée.

Ligule : Petite lame saillante de certaines feuilles.

Oblongue : plus long que large.

Obtuse : qui manque de finesse ; borné.

Pappus : Touffe de poils au sommet d'un akène ou d'un fruit (syn. aigrette).

Pubescente : Garni de poils fins, mous, courts et peu serrés

Scarieuse : terme qualifiant un organe végétal translucide, membraneux et sec.

Glossaire médicale

Dermatose : maladie de la peau.

Dysménorrhée : règles douloureuses.

Décoction : action de faire bouillir des plantes dans un liquide.

Névralgie : douleur vive, sur le trajet d'un nerf.

Otite : inflammation de l'oreille.

Rhumatisme : inflammation des articulations.

Sciatique : affection très douloureuse du nerf sciatique.

Préparation des solutions

Tampon phosphate :

- Dissoudre 2,72 g de KH_2PO_4 dans 100 ml d'eau distillée
- Dissoudre 7,16 g de Na_2HPO_4 dans 100 ml d'eau distillée
- Neutraliser la solution basique par la solution acide jusqu'à pH 6,6.

Courbes d'étalonnage

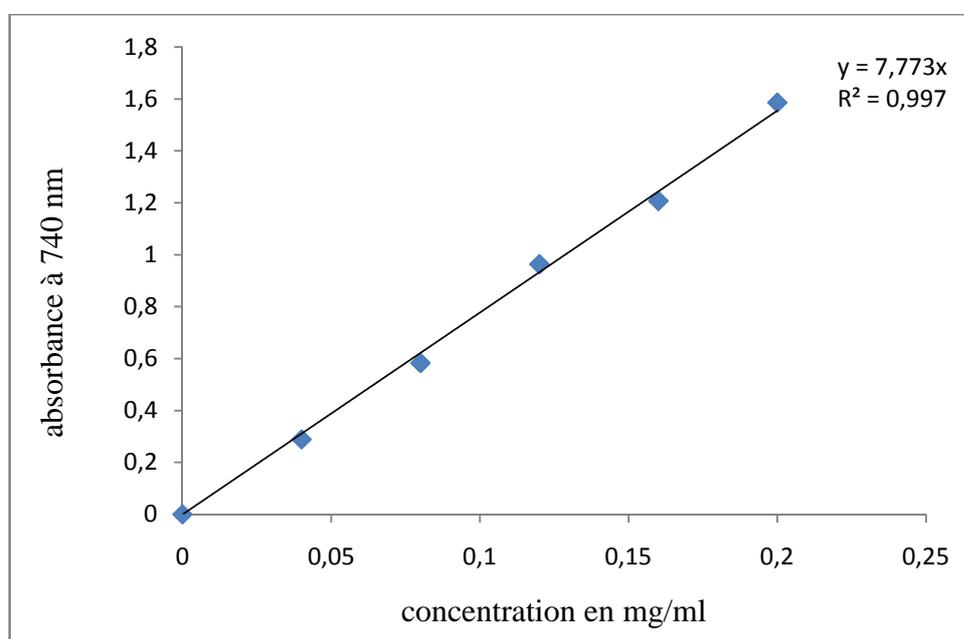


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

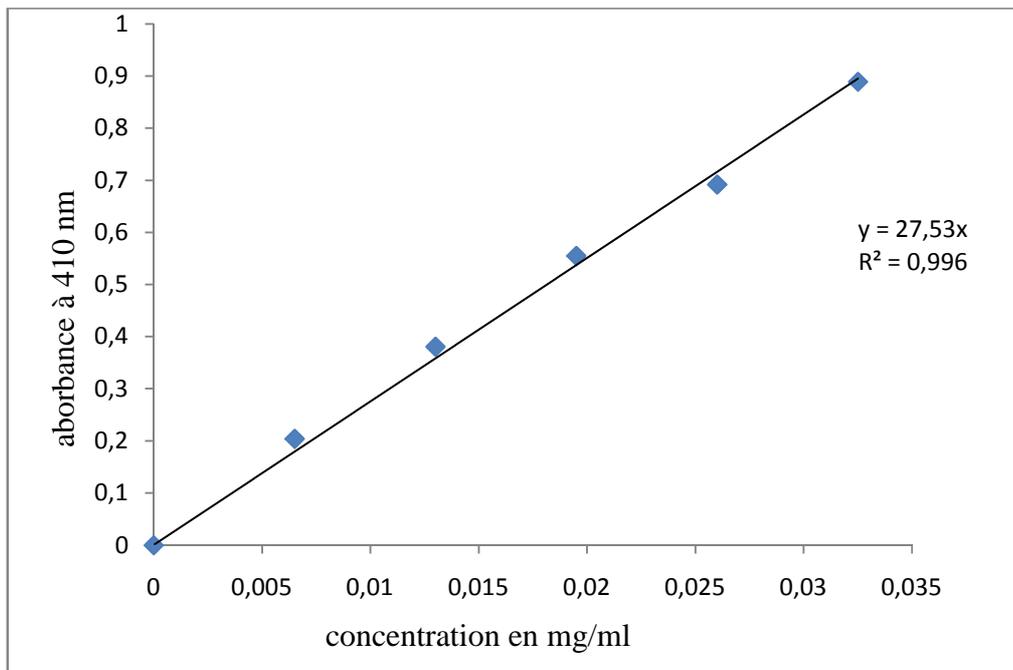


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes

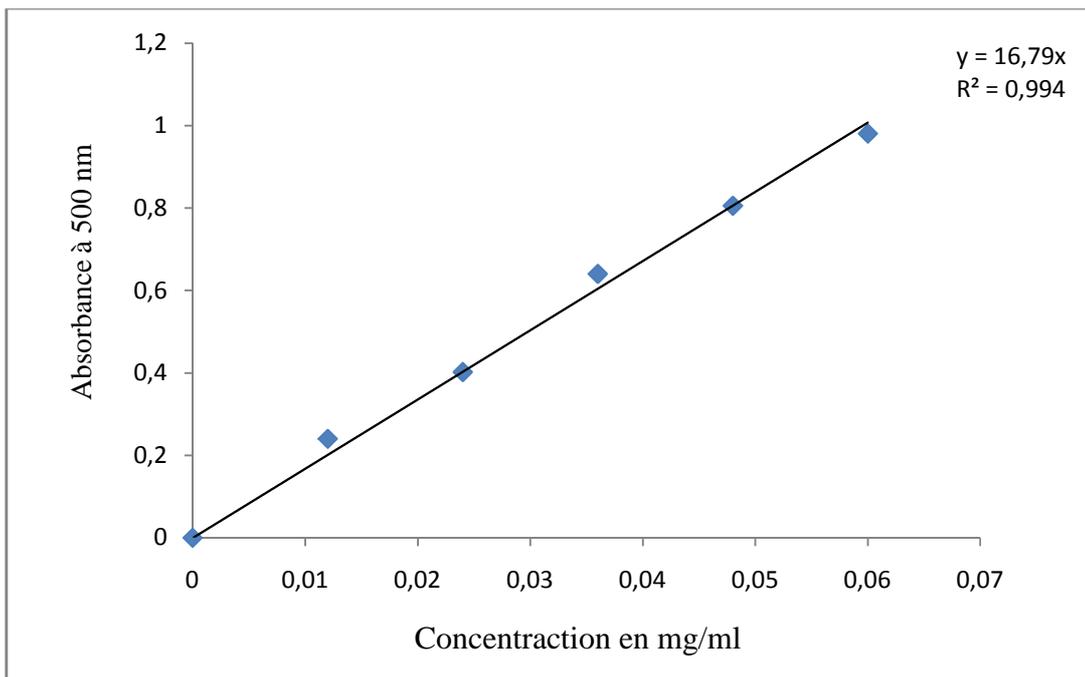


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tannins condensés.

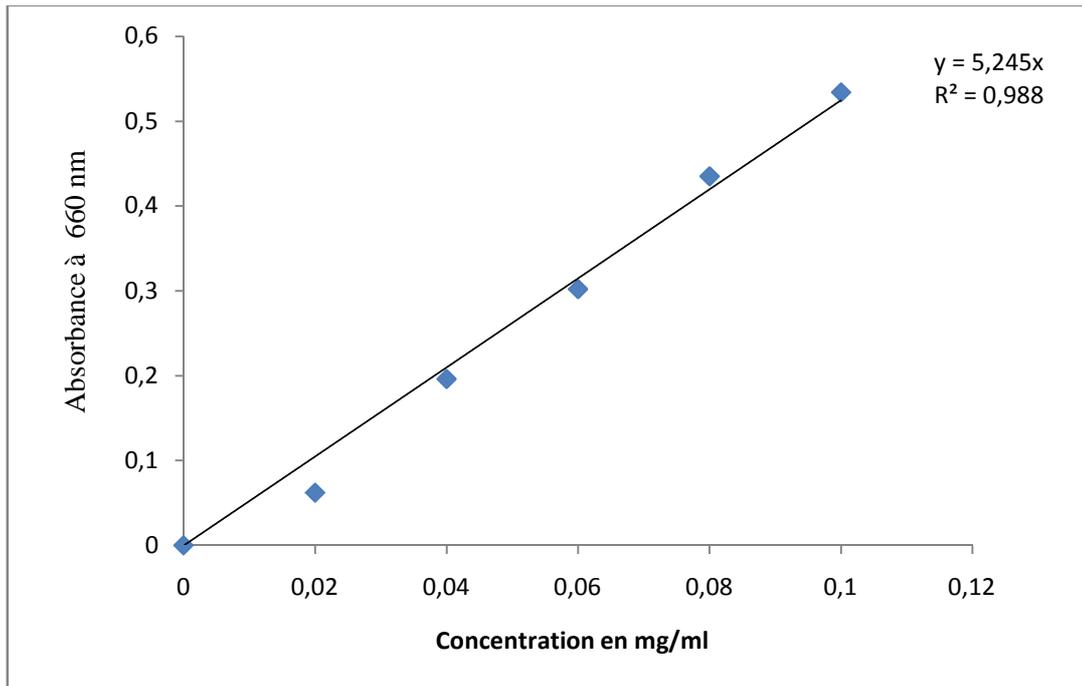


Figure 4 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des tannins hydrolysables.

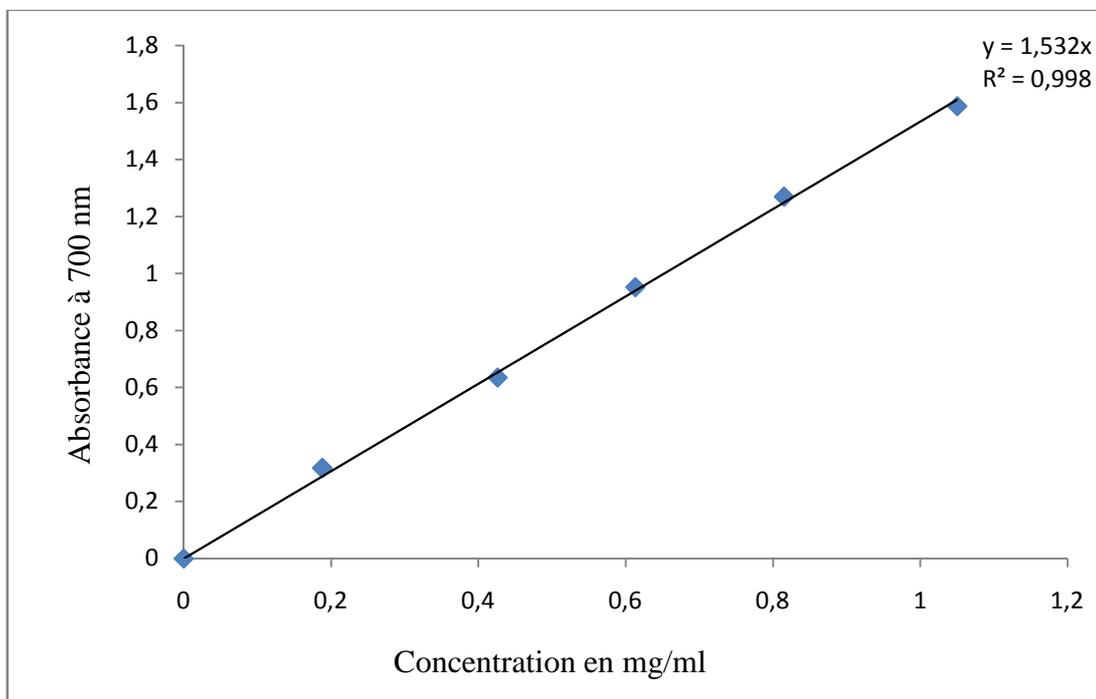


Figure 5 : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour l'évaluation du pouvoir réducteur

Courbes de corrélation

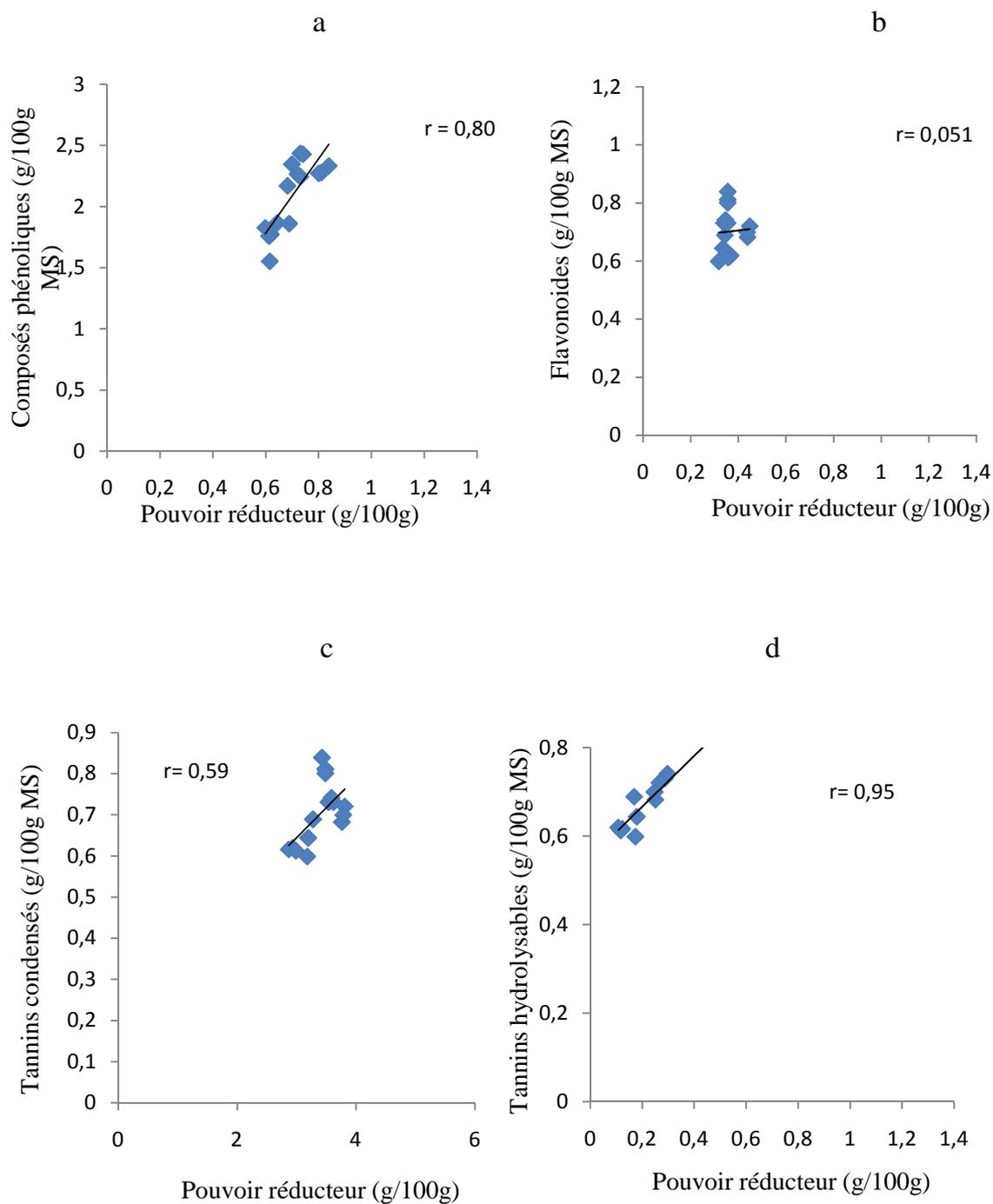


Figure 6 : Corrélation entre le pouvoir réducteur et les teneurs en composés phénoliques (a), flavonoïdes (b), tannins condensés (c) et tannins hydrolysables (d) des extraits de *Matricaria pubescens* en fonction de la durée d'extraction.

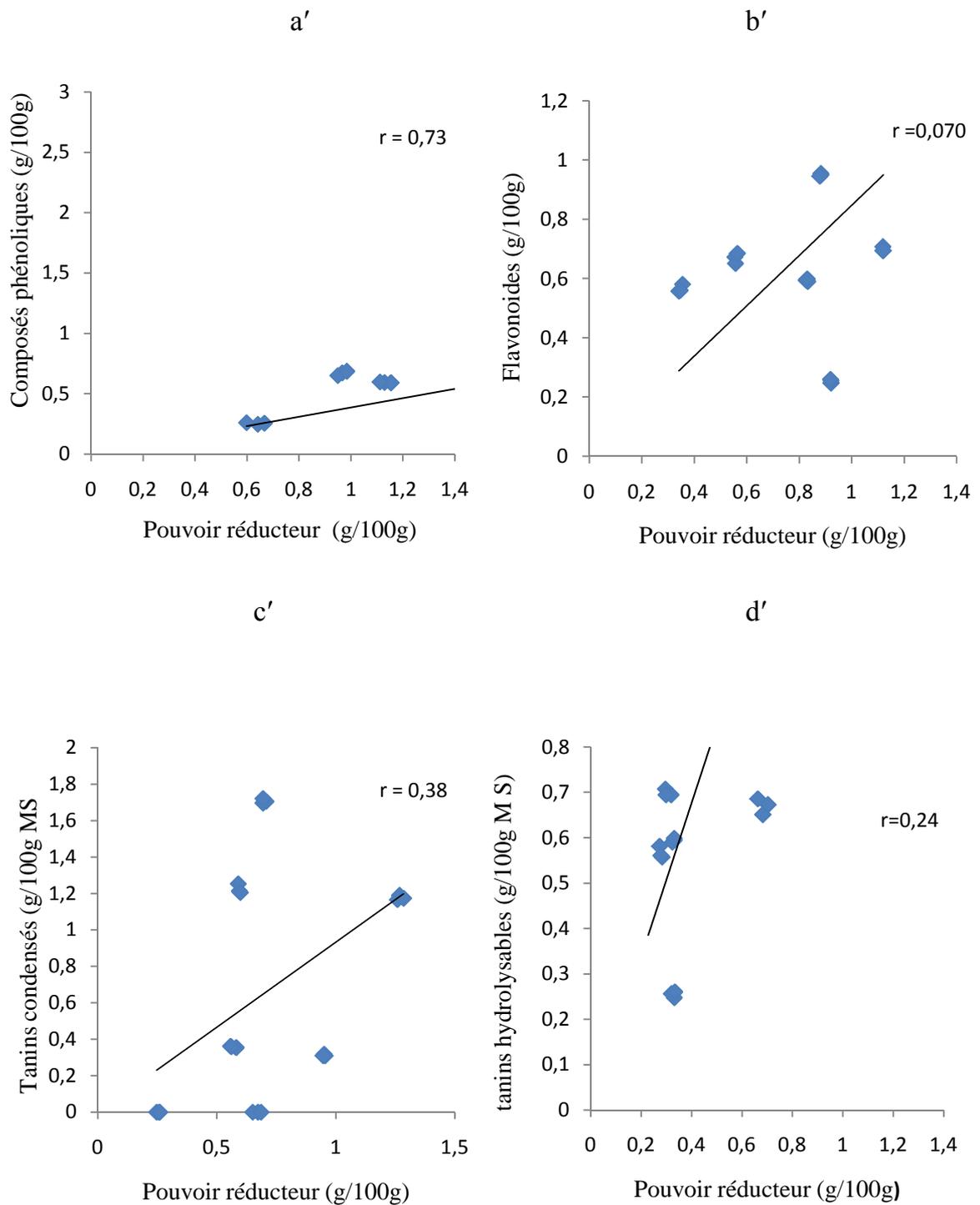


Figure 7 : Corrélation entre le pouvoir réducteur et les teneurs en composés phénoliques (a'), flavonoïdes (b'), tannins condensés (c'), et tannins hydrolysables (d') des extraits de *Matricaria pubescens* en fonction du solvant d'extraction.

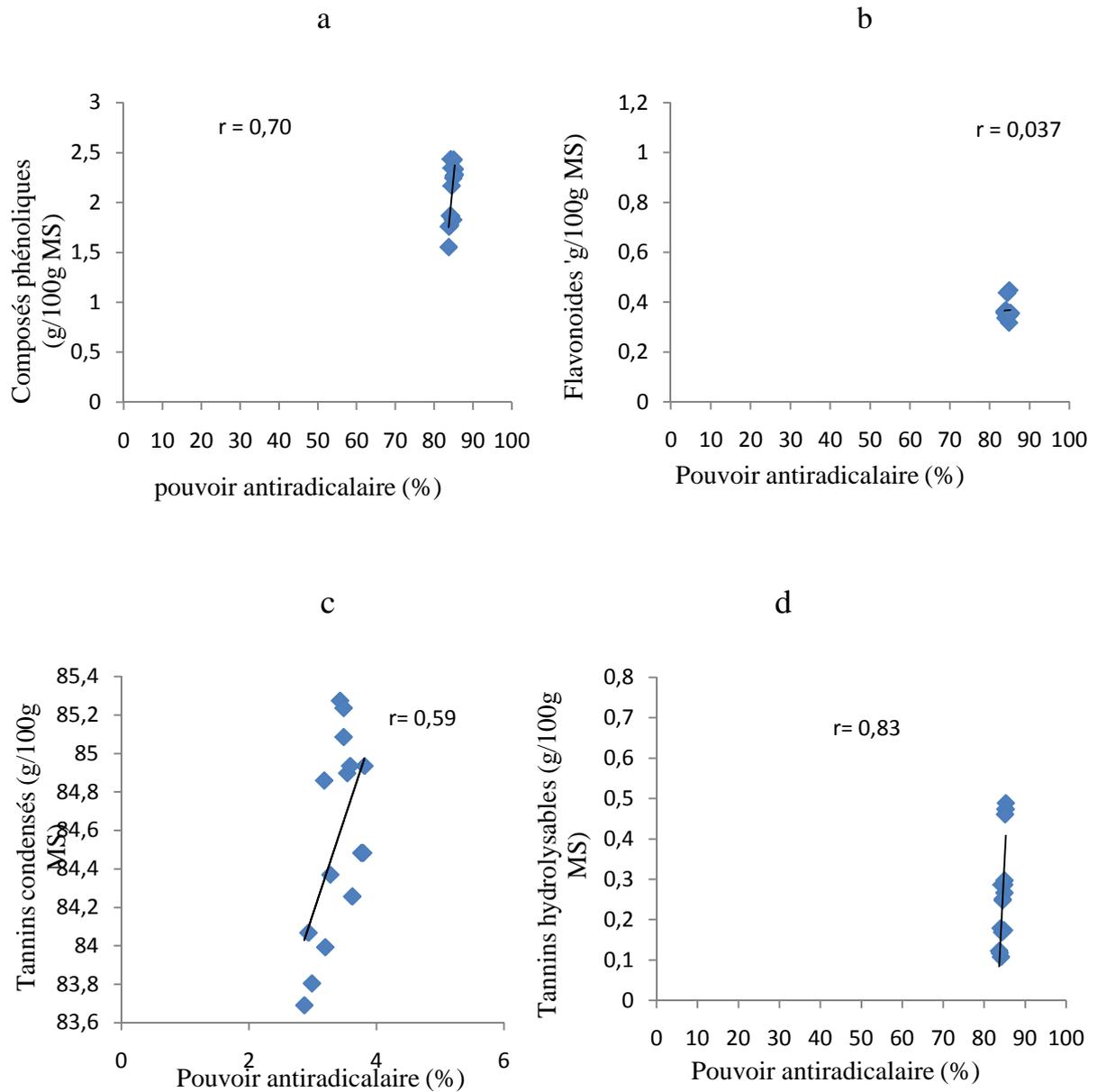


Figure 8 : Corrélation entre l'activité antiradicalaire et la teneur en composés phénoliques (a), flavonoïdes (b), tannins condensés (c) et tannins hydrolysables (d) des extraits de *Matricaria pubescens* en fonction de la durée d'extraction.

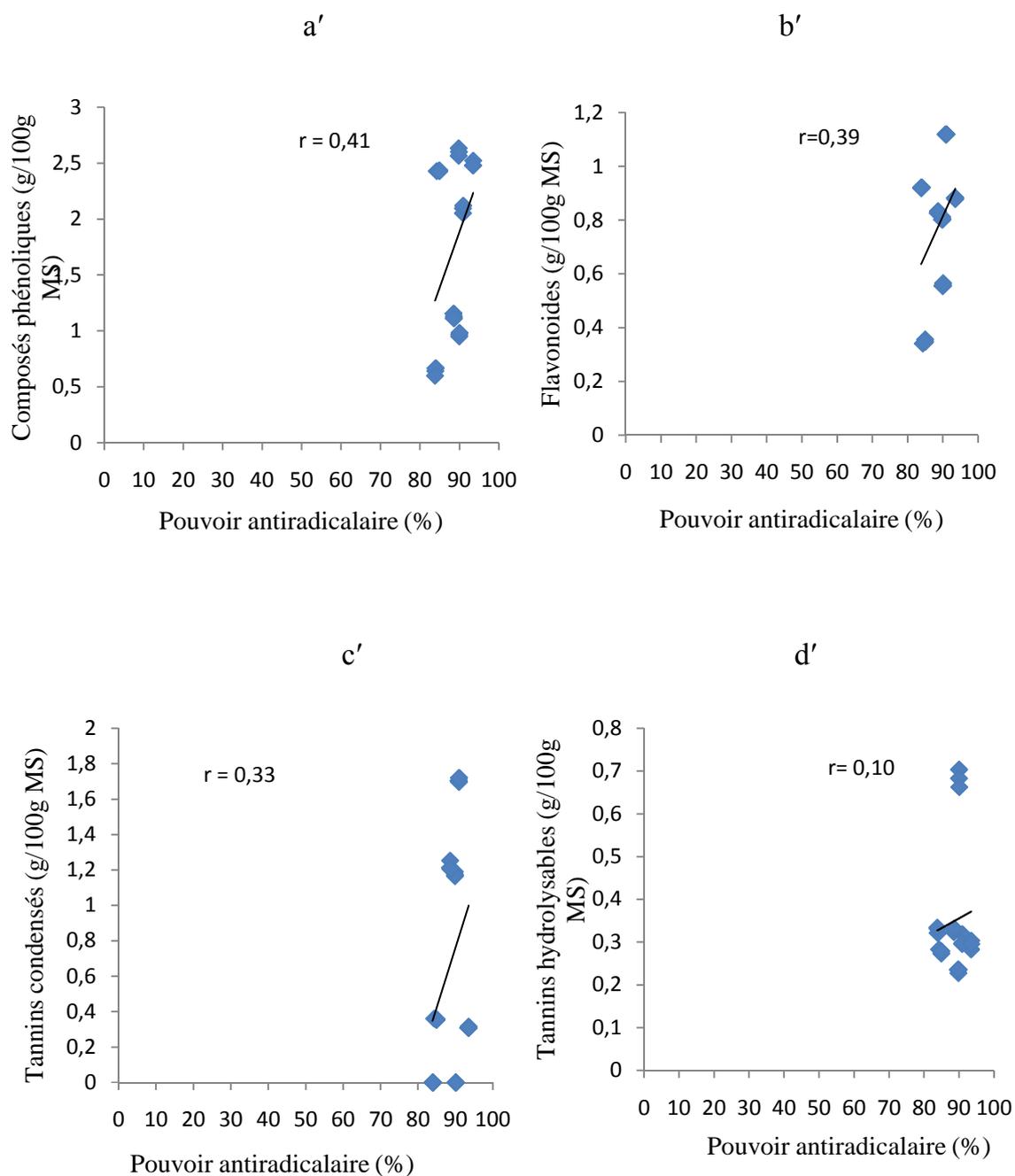


Figure 9 : Corrélation entre l'activité antiradicalaire et les teneurs en composés phénoliques (a'), flavonoïdes (b'), tannins condensés (c'), et en tannins hydrolysables (d') des extraits de *Matricaria pubescens* en fonction du solvant d'extraction.

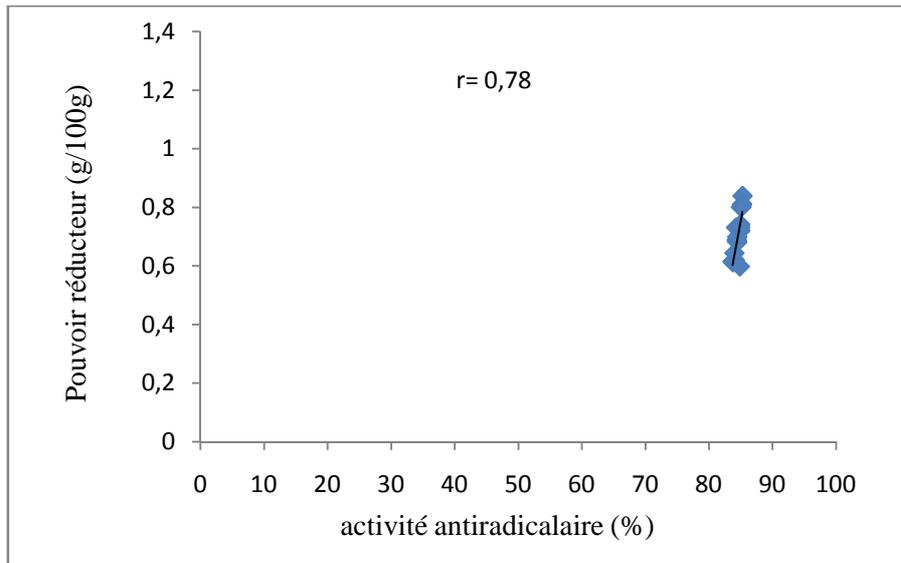


Figure 10 : Corrélation entre le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire des extraits de *Matricaria pubescens* en fonction du temps d'extraction.

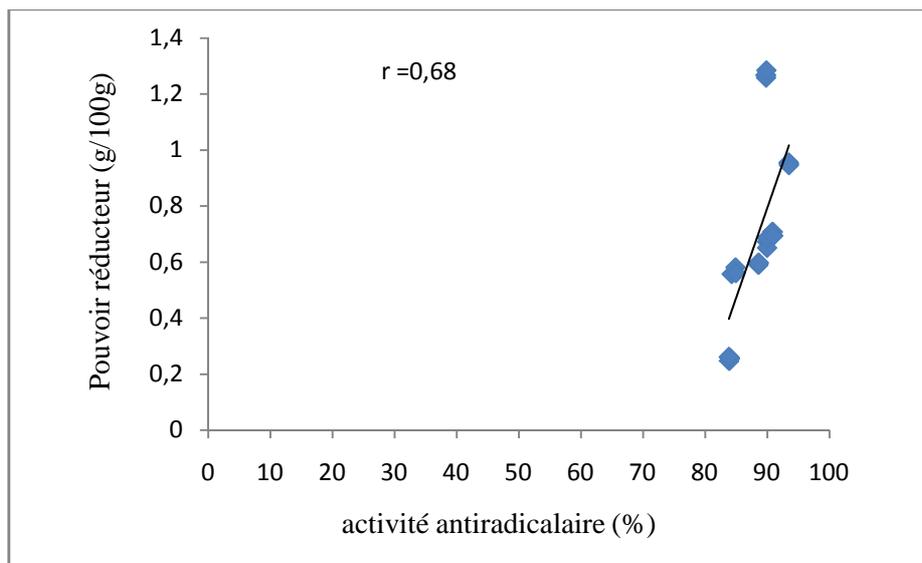


Figure 11: Corrélation entre le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire des extraits de *Matricaria pubescens* en fonction du solvant d'extraction.