

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis-
Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم

كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Bendjelidjel Karima & Hamani Maroua

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN BIOLOGIE

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème

*Dosage des antioxydants et l'évaluation in vitro de
l'activité antioxydante des graines de *Lepidium sativum* L.*

Déposé le 06/07/2021

Devant le Jury

Présidente	M ^{me} BENHAMIMED El attafia	MCA U. Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} MISSOUN Fatiha	MCA U. Mostaganem
Encadreur	M ^{me} AMARI Nesrine Ouda	MCA U. Mostaganem

Année universitaire 2020 /2021

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

A ma très chère mère FATIHA et Mon très cher père ABDELLAH .

Ma chère belle mère AICHA et mon beau père MANSOR

J'espère Que dieu vous protège et vous garde,

À mon cher mari "ABDELKADE HAMECHRIF", qu'était mon bon assistant tout au long de mon travail, il m'a encouragé et m'a soutenue jusqu'au dernier point, que Dieu le préserve et paie ses pas.

À ma chère fille "TASNIM" et mon cher fils "MOHAMED", qu'Allah les conserve et les répare,

À mes chers frères, leurs femmes et leurs enfants,

À mes chères sœurs, leurs maris et leurs enfants,

A toute ma famille

A ma sœur et ma Meilleure amie BENHADOUCH NOUDJOUND

A ma binôme HAMANI MAROUA

A ma chère ZINEB BENDREF

A mes ami(e)s de la promotion de master BVP

Que Dieu les sauve tous

Karima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

*Mon très cher père HENNI et À mon cher mari " ABDALLAH
BENGOUA "*

J'espère Que dieu vous protège et vous garde,

*A ma très chère mère HADJIRA, qu'était ma bon assistant tout au
long de mon travail, elle m'a encouragé et m'a soutenue jusqu'au
dernier point, que Dieu la préserve et paie ses pas.*

A mes très chers frères ALILOU, BRAHIM, MOUHAMED

A ma chères sœurs ABIR

A toute ma famille,

A ma binôme BENDJELIDJEL KARIMA

A ma chère ZINEB BENDREF

A mes ami(e)s de la promotion de master BVP

Que Dieu les sauve tous

Maroua

Remerciement

*Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** tout puissant et Miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail .*

*Nous remercions notre encadreur **Dr. Amari Nesrin** pour avoir encadré et dirigé ce modeste travail avec une grande rigueur scientifique pour sa disponibilité, ses précieux conseils, la confiance qu'elle nous a accordée et pour son suivi régulier à l'élaboration de ce travail ; sans oublier l'ensemble de nos professeurs qui nous ont accompagnés tout au long de notre cursus universitaire.*

Nos remerciements vont aussi aux membres de notre jury de mémoire. C'est un réel plaisir pour nous que vous avez accepté de présider notre jury de mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

« Merci »

Résumé

L'Algérie, par sa position géographique, abrite une biodiversité exceptionnelle occupée par d'importantes plantes médicinales. Dans le cadre de l'étude prospective de sources intéressantes d'antioxydants d'origine naturelle, nous sommes intéressés par *Lepidium sativum*. C'est une herbacée annuelle appartenant à la famille des fabacées. Cette plante est connue par ses propriétés médicinales, thérapeutiques et nutritionnelles très importantes vu les utilisations traditionnelles, et les activités pharmacologiques des composés photochimiques présents dans les extraits des graines de cette plante. Le présent travail a porté sur l'étude de la teneur en flavonoïdes et phénols totaux de l'extrait hydro-méthanolique des graines *L. sativum*. Ainsi, l'évaluation de l'activité antioxydante on utilisant les méthodes de l'oxydation du radical le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), l'ABTS test (2, 2'-azynobis-[3-éthylbenzothiazoline-6- sulfonic acid]) et le pouvoir antioxydant du fer ferrique (FRAP); avec un acide ascorbique, Trolox et (FeSO₄)₇ H₂O comme des références synthétique réussissable. Avec la corrélation de l'activité antioxydante et la corrélation entre les phénols, les flavonoïdes et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS et FRAP). Les quantités de phénols totaux correspondantes ont été rapportées en équivalent d'un milligramme de l'étalon utilisé par gramme d'extrait lyophilisé (1111,23±0,22EAG/g). Les résultats des flavonoïde sont été exprimés en mg équivalent de la quercétine par gramme d'extrait lyophilisé (118,64±0,24) mg EQ/g). Ces résultats obtenus montrent la richesse de l'extrait en flavonoïdes et phénols totaux. L'évaluation du pouvoir antioxydant a montré que l'extrait hydro-méthanolique doté d'un pouvoir antioxydant très important à 0,8mg/ml : I_{DPPH}: 98,41±0,24%; I_{ABTS} : 99,3 ± 0,33% ; et A_{FRAP}: 0,86±0,010% avec des concentrations d'inhibitions IC₅₀_{DPPH}: 0,38±0,005; IC₅₀_{ABTS}: 0,37±0,005 et IC₅₀_{FRAP}: 0,52±0,02. Avec une bonne corrélation entre le DPPH, ABTS et le FRAP. Par ailleurs, une forte corrélation a été montrée entre les teneurs en phénols totaux et les flavonoïdes et l'activité antioxydant, la corrélation élevée est de (r=0,989 et r=0,987) réussissable. Cette étude confirme, scientifiquement, que les graines de *Lepidium sativum* sont une très bonne source en substances antioxydantes, et donc très bénéfique à la santé humaine.

Mots clés : *L. sativum*. Phénols totaux, Flavonoïdes, Extrait hydro-méthanolique, Activité antioxydante, DPPH, ABTS, FRAP.

Abstract

Algeria, by its geographical position, is home to an exceptional biodiversity occupied by important medicinal plants. As part of the prospective study of interesting sources of naturally occurring antioxidants, we are interested in *lepiduim.sativum* is an annual herb belonging to the fabaceae family. This plant is known for its very important medicinal, therapeutic and nutritional properties given the traditional uses and pharmacological activities of the phytochemicals present in the extracts of the seeds of this plant. This work focused on the study of the content of flavonoids and total phenols in the hydro-methanolic extracts of the seeds as well as the evaluation of the antioxidant activity using the methods of the oxidation of the 2,2- radical. diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ABTS test (2, 2'- azynobis- [3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonic acid]) and antioxidant power of iron (FRAP) with ascorbic acid, Trolox and $(\text{FeSO}_4)_7\text{H}_2\text{O}$ as the references synthetic successible. With the correlation of antioxidant activity and the correlation between phenols, flavonoids and antioxidant activity (DPPH, ABTS and FRAP). The corresponding amounts of total phenols were reported as the equivalent of one milligram of the standard used per gram of lyophilized extract ($389,815 \pm 0,22 \text{EAG/g}$) and the flavonoids results were expressed as mg quercetin equivalent per gram of lyophilized extract ($118,64 \pm 0,24$) mg EQ/g).. These results obtained show the richness of the extract in flavonoids and total phenols. The evaluation of the antioxidant power showed that the hydro-methanolic extract with very high antioxidant power at 1 mg / ml: $I_{\text{DPPH}}: 98,41 \pm 0,24\%$ $I_{\text{ABTS}}: 99,3 \pm 0,33\%$; and $A_{\text{FRAP}}: 0,86 \pm 0,010\%$ with $\text{IC}_{50\text{DPPH}}$ inhibition concentrations: $0,38 \pm 0,005$; $\text{IC}_{50\text{ABTS}} 0,37 \pm 0,005$ and $\text{IC}_{50\text{FRAP}} 0,52 \pm 0,02$). With good correlation of DPPH, ABTS and FRAP. Moreover, a strong correlation has been shown between the contents of total phenols and flavonoids and antioxidant activity, the high correlation is (($r = 0,989$ et $r = 0,987$))successible. This study confirms, scientifically, the traditional use of this plant.

Keywords: *Lipiduim sativum*, Total phenols, Flavonoids, hydro-methanolic extract, Antioxidant activity, DPPH, ABTS, FRAP.

ملخص

المستقبلية للمصادر المثيرة للاهتمام لمضادات الأكسدة التي تحدث بشكل طبيعي، نحن مهتمون بـ *Lepiduum.sativum* وهي عشب سنوي ينتمي إلى عائلة فاباسيا. يشتهر هذا النبات بخصائصه الطبية والعلاجية والغذائية المهمة جدًا نظرًا للاستخدامات التقليدية والأنشطة الدوائية للمواد الكيميائية النباتية الموجودة في مستخلصات بذور هذا النبات. ركز هذا العمل على دراسة محتوى مركبات الفلافونويد والفينولات الكلية في المستخلصات المائية الميثانولية للبذور وكذلك تقييم نشاط مضادات الأكسدة باستخدام طرق أكسدة 2،2- راديكالي. بيكريل هيدرازيل (DPPH)، اختبار ABTS (2، 2- أزيروبسيس- [3-إيثيل بنزوثيرازولين-6- حمض السلفونيك]) وقوة الحديد المضادة للأكسدة (FRAP) مع حمض الأسكوربيك، ترولوكس و $(\text{FeSO}_4)_7\text{H}_2\text{O}$ كمراجع اصطناعية متتالية مع ارتباط نشاط مضادات الأكسدة والعلاقة بين الفينولات والفلافونويد ونشاط مضادات الأكسدة (DPPH و ABTS و FRAP). الكميات المقابلة من إجمالي الفينولات كمكافئ لمليغرام واحد من المعيار المستخدم لكل جرام من المستخلص ($389,815 \pm 0,22$ مجم EAG / جم) و. تم التعبير عن نتائج مركبات الفلافونويد على أنها مليجرام كيرسيتين مكافئ لكل جرام من المستخلص ($118,64 \pm 0,24$ مجم EQ / جم). تظهر هذه النتائج التي تم الحصول عليها ثراء المستخلص في مركبات الفلافونويد والفينولات الكلية. أظهر تقييم القوة المضادة للأكسدة أن خلاصة الميثانول ذات قوة عالية جدًا من مضادات الأكسدة عند 1 مجم / مل: $\text{IDPPH: } 98,41$ $\pm 0,24\%$ ؛ $\text{IABTS: } 99,3 \pm 0,33\%$ و $\text{AFRAP } 0,86 \pm 0,010\%$ بتركيزات تثبيط $\text{IC}_{50\text{DPPH}} 0,38$ $\pm 0,005$ ؛ $\text{IC}_{50\text{ABTS}} 0,37 \pm 0,005$ و $\text{IC}_{50\text{FRAP}} 0,52 \pm 0,02$. مع وجود علاقة جيدة بين DPPH و ABTS و FRAP والعلاقة بين إجمالي الفينولات ومركبات الفلافونويد ونشاط مضادات الأكسدة حيث الارتباط العالي هو $r = 0,987$ ($r = 0,989$) على التوالي. تؤكد هذه الدراسة علميا الاستخدام التقليدي لهذا النبات.

الكلمات المفتاحية: *lipiduum.sativum*، إجمالي الفينولات، مركبات الفلافونويد. مستخلص هيدرو ميثانول، نشاط مضاد للأكسدة. 2،2- راديكالي. بيكريل هيدرازيل (DPPH)، (2، 2- أزيروبسيس- [3-إيثيل بنزوثيرازولين-6- حمض السلفونيك]) (ABTS) وقوة الحديد المضادة للأكسدة. (FRAP)

Liste des abréviations

Liste des abréviations

AA, ASA	Absorbance de la solution en présence de molécules testées
AB	Absorbance du blanc
ABTS	2, 2'-azynobis-[3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonic acid]
AC	Correspond à absorbance du control
ADN	Acide désoxyribonucléique
AlCl₃	Le chlorure d'aluminium
BHA	L'hydroxyanisolebutylé
BHT	L'hydroxytoluènebutylé
CAT	Catalase
CO	Monoxyde de carbone
Cu-SOD	Les super oxydes dismutases cuivre
DPPH	1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl
EAG/g	Equivalent d'acide gallique par gramme
ERA	Les espèces réactives d'azote
ERO	Les espèces réactives de l'oxygène
Fe²⁺	Fer ferreux
Fe³⁺	Fer ferrique
FeCl₃.6H₂O	Chlorure ferrique hexahydraté
FeSO₄ 7H₂O	Heptahydrate du sulfate ferreux
Fe-SOD	Les super oxydes dismutases ferreux
FRAP	Ferricreducingantioxidant power
g	Gramme
GPx	Glutathion peroxydase
GR	La glutathion réductase
GS•	Thiyl
GSH	Le glutathion réduit
GSH-PX	Glutathion peroxydases

GSSG	Glutathion oxydé
H	Heure
H₂O	Eau distillée
H₂O₂	Le peroxyde d'hydrogène
H₃PM₀₁₂O₄₀	Acide phosphomolybdique
H₃PW₁₂O₄₀	Acide phosphotungstique
HCl	Chlorure d'hydrogène
IC₅₀	Concentration d'inhibition
L	Litre
L.	Alkyl
LDL	Low density lipoprotein
LO	Alkoxy
LOO	Lipideperoxyde
<i>L.sativum</i>	<i>Lepidium sativum</i>
mm	millimètre
M	La masse
mg EAG/g	Milligrammes équivalent acide gallique par gramme d'extrait lyophilisat
mg EQ/g	Milligrammes équivalent quercétine par gramme d'extrait lyophilisat
Mg	Milligramme
Min	Minute
ml	Millilitre
mM	Millimole
Mn-SOD	Les super oxydes dismutases manganèse
MTR	Médecine traditionnelle
nm	Nanomètre
NADPH	Nicotinamide adénine di nucléotide phosphate
Na NO₂	Nitrite de sodium
OMS	Organisations mondiale de la santé
NO•	Peroxynitrite

O₂	Oxygène
°C	Degré Celsius
OH	Hydroxyle
OMS	Organisation mondiale de la santé.
PG	Gallate propylée
QE	Quercétine
R	La corrélation de Pearsoncoefficient
RL	Lesradicaux libres
RLO	Les radicaux libres oxygénés pH : potentiel Hydrogène pNPP
Rdt	Rendement
ROS	Réactive Oxygéné Sepecies
RO₂[°]	Radical peroxye
Se-GPx	Séléno-enzyme -La glutathionperoxydase
SOD	Les super oxydes dismutases
TCE	teneur en composés extractibles
TBHQ	Tétrabutylhydroquinoni
TPTZ	Tripyridyltriazine
UV	Ultrat violet
V	Volume
Vit C	Vitamine C
Vit E	Vitamine E
β	Beta
α	Alpha
α-Toch	L'α –tocphérol
μl	Microlitre
%	Pourcentage

Liste dep figurep

Liste des figures

Figure 1	Balance radicaux libres /antioxydant	04
Figure 2	Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de L'oxygène impliqué en biologie	05
Figure 3	Structure chimique générale des flavonoïdes	09
Figure 4	Exemple d'unité structurale de base des tanins condensés	10
Figure5:	Aspect morphologique de <i>L. Sativum</i>	15
Figure 6	La vue picturale de <i>L. Sativum</i> . a: les graines de cresson; (b) les graines dans l'eau, et (c) la poudre de graines de cresson.	16
Figure 7	Répartition géographique de <i>Lepidium sativum</i>	18
Figure 8	(A) Les graines de cresson alénois, (B) Les graines de cresson alénois en poudre .	28
Figure 9	Protocole d'extraction des composés phénoliques .	29
Figure 10	Protocole du dosage des phénols totaux	31
Figure 11	Protocole du dosage des flavonoïdes .	32
Figure 12	Protocole de dosage de DPPH	33
Figure 13	Protocole de dosage d'ABTS	35
Figure 14	Protocole de dosage de FRAP	37
Figure 15	Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des Concentrations del'extrait méthanolique de <i>Lepidium sativum</i> .	28
Figure 16	Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction d'acide ascorbique	28
Figure17	Pourcentage d'inhibition d'ABTS en fonction des concentrations de l'extrait méthanolique de <i>L. sativum</i>	31
Figure18	Pourcentage d'inhibition d'ABTS en fonctions des concentrations de Trolox	32
Figure19	Absorbance de FRAP en fonction des concentrations de l'extrait méthanolique de <i>L.sativum</i>	34
Figure20	de FRAP en fonction des concentrations de (FeSO 4) 7 H	34

Liste des tableaux

Liste dep tableau

Tableau 01	Classes des composés phénoliques des plantes	11
Tableau 02	principaux mode d'action de quelques antioxydants.	12
Tableau 03	La Classification scientifique de <i>Lepidium sativum</i> .	14
Tableau04	Noms communs de <i>Lepidium sativum</i>	15
Tableau 05	Information nutritionnelles de <i>Lepiduum sativum</i>	19
Tableau 06	Les différentes formes galéniques de phytothérapie	
Tableau 07	Rendement d'extraction des graines de <i>L. sativum</i> .	38
Tableau 08	Les teneurs en phénols totaux et les flavonoïdes de l'extrait méthanolique de <i>L.sativum</i>	39
Tableau 09	Concentration d'inhibition d'IC50 de l'extrait méthanolique de <i>Lipiduum sativum</i> et de l'acide ascorbique vis-à-vis le radical DPPH	41
Tableau10	Concentration d'inhibition d'IC50 de l'extrait méthanolique de <i>L. sativum</i> . et Trolox vis-à-vis le radical ABTS	43
Tableau 11	Concentration d'inhibition d'IC50 de l'extrait méthanolique de <i>L. sativum</i> et de (FeSO ₄) 7 H ₂ O vis-à-vis le FRAP	45
Tableau 12	Concentration d'inhibition IC50 de l'extrait des graines de <i>L. sativum</i> Vis-à-vis du DPPH, ABTS et de FRAP	45
Tableau 13	Les coefficients de corrélation de DPPH, ABTS et FRAP de l'extrait méthanolique de <i>L. sativum</i>	46
Tableau14	Les coefficients de corrélation entre les phénols totaux, les flavonoïdes et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS et FRAP) de l'extrait méthanolique de <i>L. sativum</i>	46

Table des matières

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	01

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le stress oxydant

I.1. Définition de stress oxydatif	03
I.2. Les radicaux libres.....	03
I.3. Les espèces réactives de l'oxygène radicalaires.....	04
I.3.1. Radical superoxyde $O_2^{\cdot-}$	04
I.3.2. Radical perhydroxyle HO_2^{\cdot}	04
I.3.3. Radical hydroxyle OH^{\cdot}	04
I.3.4. Radical peroxyde RO_2^{\cdot}	05
I.4. Les espèces réactives de l'oxygène non radicalaires.....	05
I.4.1. peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).....	05
I.5. L'origine de stress oxydante	06
I.6. Les maladies liées aux stress oxydant.....	06
I.7. Système de défense antioxydants	07
I.8. Les antioxydant endogènes	07
I.8.1. Système de défense enzymatique	07
I.8.1.1. Les superoxyde dismutases (SOD).....	07
I.8.1.2. Les glutathion peroxydases (GPxs).....	07
I.8.1.3. Le système thiorédoxine	07
I.8.2. Système antioxydant non enzymatique	08
I.8.2.1. Le glutathion et les protéines thiols.....	08
I.9. Les antioxydants exogènes.....	08
I.9.1. Médicaments.....	08
I.9.2. Antioxydants naturels	08

I.9.2.1. La vitamine C (acide ascorbique).....	08
I.9.2.2. L'acide ascorbique.....	09
I.9.2.3. La vitamine E (Tocophérol).....	09
I.9.2.4. Les flavonoïdes.....	09
I.9.2.5. Les tanins.....	09
I.9.2.6. Les phénols.....	10
I.10. Composition phénoliques (polyphénol).....	10
I.10.1. Class majeur des polyphénols.....	11
I.11. Activité antioxydant.....	11
I.12. Mécanismes d'action des antioxydants.....	12
I.12.1. Les antioxydants de type I.....	13
I.12.2. Les antioxydants de type II.....	13
I.12.3. Les antioxydants de type III.....	13
Chapitre II : <i>Lepidium sativum</i> L	
II.1. Généralité.....	14
II.2.1. Classification scientifique	14
II.2.2. Noms communs	15
II.3. Description de la plante (<i>L. sativum</i>).....	15
II.4. Description des graines du cresson alénois	16
II.5. Composition photochimique	16
II.6. Utilisation thérapeutique	17
II.7. Répartition géographique du <i>Lepidium sativum</i>	18
II.8. Informations nutritionnelles	18
II.9. Substances bioactives de <i>Lepidium sativum</i>	19
II.10. Vertus médicinales de <i>Lepidium sativum</i>	19
II.11. Les activités biologiques de <i>L. sativum</i>	20
II.11.1. Activité anti-microbienne	20
II.11.2. Activité anti oxydante	21
II.11.3. Activité anti-inflammatoire.....	21
Chapitre III : La phytothérapie	
III.1. Historique.....	22
III.2. Définition de la phytothérapie.....	22
III.3. La phytothérapie traditionnelle	23

III.4. La phytothérapie clinique.....	23
III.5. Différents types de la Phytothérapie	24
III.5.1. La phytothérapie pharmaceutique	24
III.5.2. L'herboristerie	24
III.5.3. L'homéopathie	24
III.5.4. La gemmothérapie	24
III.5.5. L'aromathérapie	25
III.5.6. La phytothérapie chinoise	25
III.6. Usage de la phytothérapie	25
III.7. Le principe de la phytothérapie	25
III.8. Intérêt de la phytothérapie.....	26
III.9. Les avantage de la phytothérapie	26
III.10. Effets secondaires de la phytothérapie.....	26
III.11. Les différentes formes galéniques de phytothérapie.....	27

Partie II : Partie expérimental

Chapitre I : Matériels et méthodes

Objectif.....	28
I.Matériel	28
I.1. Matériel végétale.....	28
II. Méthode.....	28
II.1. Méthode extraction	28
II.2. Rendement d'extraction.....	29
II.3. Détermination de la teneur phénolique totale.....	30
II.4. Détermination de la teneur totale en flavonoïdes.....	31
II.5. Capacité antioxydant déterminée par le diphényle-1-picrylhydrazyl.....	33
II.6. Capacité antioxydante déterminée par le dosage des cations radicaux ABTS.....	34
II.7. Capacité antioxydante déterminée par le pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP).....	36

II.8. Analyses statistiques.....	38
Chapitre II: Résultats et Discussion	
II.1. Résultats.....	39
II.1.1. Rendement en extraits.....	39
II.1.2. Teneur de phénols totaux.....	39
II.1.3. Teneur en flavonoïdes.....	39
II.1.4. L'activité antioxydante	40
II.1.4.1. Test de piégeage du radical libre DPPH.....	40
II.1.4.2. Test de la réduction ABTS.....	42
II.1.4.3. Test de la réduction du fer (FRAP).....	44
II.1.4.4. Corrélation de DPPH, ABTS et le FRAP.....	46
II.2. Discussions.....	48
Conclusion	50
Références bibliographique	51
Annexe	60

Introduction

Introduction

Le stress oxydant peut être défini comme la résultante d'un déséquilibre en faveur des espèces pro-oxydantes et au détriment des espèces antioxydants. Ce déséquilibre provient, soit d'une production exagérée d'agents oxydants (radicaux libres et ROS), soit d'une altération des mécanismes de défense. Les premiers travaux dans le domaine ont montré le rôle important joué par les intermédiaires oxygénés, appelés également radicaux libres, dans les phénomènes physiologiques et leurs effets délétères dans les processus cellulaires (**Baraka, 2015**).

Le déséquilibre résultant d'une production accrue des espèces réactives de l'oxygène et d'une altération des défenses antioxydantes entraîne le stress oxydatif (**Christen, 2000**). Ou bien des problèmes médicaux qui apparaissent dans notre organisme, provoquant aussi un stress oxydatif sur les biomolécules, conduisent à un déséquilibre entre les composés chimiques d'origine végétale et les antioxydants (**Gawlik-Dziki, 2012**).

La médecine traditionnelle est la somme totale des connaissances, compétences et pratiques qui reposent sur les théories, croyances et expériences propres à une culture et qui sont utilisées pour maintenir les êtres humains en bonne santé. Ainsi que pour prévenir, diagnostiquer, traiter et guérir des maladies physiques et mentales (**OMS, 2000**).

La flore algérienne regorge de plusieurs espèces des plantes encore peu ou pas étudiées, mais dotées de réelles propriétés pharmacologiques (**Graham et al., 2000 ; Bnouham et al., 2002; Gonzalez-Tejero et al., 2008**). Ces espèces sont pour la plupart spontanées avec un nombre non négligeable (15%) d'espèces endémiques (**Ozenda, 1977**). *Lepidium sativum* plante fait partie de ces dernières, est utilisée traditionnellement dans les régions paysannes dans le traitement de différentes maladies et dans de nombreuses régions du monde comme anti-inflammatoire, antimicrobienne (**Ben Mohamed, 1992**). Ainsi, dans le traitement des maux de gorge, l'asthme et les maux de tête (**Datta et al., 2011**).

L'objectif de ce travail vise à démontrer la richesse de cette plante en composés phénoliques et à déterminer leurs propriétés antioxydantes.

- Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
- Décoloration du radical cation ABTS⁺
- Réduction du Fer : Ferricreducing antioxydant power FRAP

La première partie consacrée à l'étude bibliographique est divisée en trois chapitres:

- Le premier chapitre comporte le stress oxydatif
- Le deuxième chapitre donne un aperçu sur la plante *Lepidium sativum*

- Le troisième chapitre apporte des données générales sur la phytothérapie.

La deuxième partie, divisée en deux chapitres le premier présente le matériel et les méthodes utilisés. Quant au deuxième chapitre, traite les résultats et la discussion de chaque expérimentation de travail.

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Stress oxydant

I.1. Définition de stress oxydatif

Les réactions d'oxydation sont des réactions habituelles et indispensables au sein de nos cellules, car elles contribuent au bon fonctionnement du métabolisme cellulaire. En effet, les réactions d'oxydation ont lieu lors de nombreux processus biologiques qui visent à maintenir un équilibre ou à synthétiser des molécules indispensables. Le métabolisme cellulaire produit et utilise en permanence des espèces oxydantes, c'est le cas de la respiration, où chaque cellule réduit notamment l'oxygène en eau. Cependant comme dans tout phénomène important, un dérèglement dans ces réactions d'oxydations peut créer un dysfonctionnement au niveau des cellules, c'est ce qu'on appelle un stress oxydant (**Baraka,2015**).

I.2. Les radicaux libres

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons non appariés(**Fig.1**). L'ensemble desradicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (EAO) (**Hamoudi, 2015**).

Les radicauxlibres sont électriquement neutres ou chargés (ioniques) et comprennent l'atome d'hydrogène, le radical hydroxyle, l'anion superoxyde, le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée).

Les radicaux libres sont des espèces chimiques très instables, leur structure comprend un électron célibataire qu'il cherche à appairier en attaquant et en endommageant les molécules voisines. L'appellation « dérivés réactifs de l'oxygène » n'est pas restrictive, elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tel que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), peroxyde nitrite (ONOO⁻)(**Hamoudi,2015**).

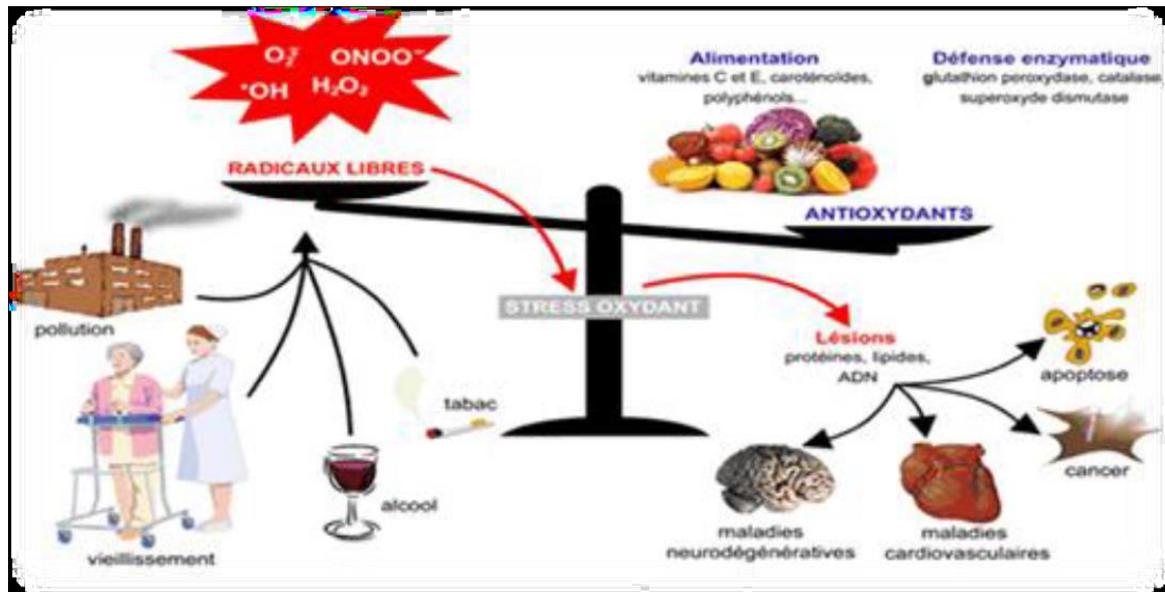


Figure 1 : Balance radicaux libres /antioxydant (Hamoudi,2015).

1.3. Les espèces réactives de l'oxygène radicalaires

I.3.1. Radical superoxyde O_2^-

Le radical superoxyde résulte de la réduction monovalente de l'oxygène, soit l'apport d'un électron à la molécule O_2 . Cette réaction se fait dans les mitochondries lors de la respiration cellulaire. Un autre site de production est le polynucléaire neutrophile. Celui-ci utilise les ERO pour son activité phagocytaire (Fig.2). De plus, lors d'un stress (sepsis, ischémie...) des enzymes comme la NADPH-oxydase et la xanthine-oxydase peuvent produire des radicaux superoxydes (Guilloty ,2016).

I.3.2. Radical perhydroxyle HO_2

Celui-ci est obtenu après protonation du radical superoxyde en milieu $pH < 4,8$. Le radical perhydroxyle est plus réactif que le superoxyde car le potentiel standard d'oxydoréduction est plus élevé ainsi que ses constantes de vitesse, notamment vis-à-vis des acides gras polyinsaturés (acides linoléique, linoléique, arachidonique)(Guilloty,2016).

I.3.3. Radical hydroxyle OH

Il s'agit du radical le plus toxique, il n'a pas de rôle physiologique connu. Dans la chaîne respiratoire mitochondriale, le peroxyde d'hydrogène peut réagir directement avec des ions métalliques (fer ou cuivre) par la réaction de Fenton. Il s'agit d'une réaction d'oxydation

avancée aboutissant à la formation du radical hydroxyle $\text{OH}\cdot$ qui est le deuxième oxydant le plus puissant présent dans la nature après le Fluor (Guilloty,2016).

I.3.4. Radical peroxyde RO_2

La radiolyse ou l'irradiation de solvants comme l'éthanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) permet de générer des radicaux peroxydes ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{O}_2\cdot)\text{OH}$) (Guilloty,2016).

I.4. Les espèces réactives de l'oxygène non radicalaires

I.4.1. Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)

Le peroxyde d'hydrogène est obtenu à partir de l'anion superoxyde par dismutation spontanée ou par l'enzyme superoxyde dismutase. Le H_2O_2 est métabolisé par le glutathion peroxydase et la catalase. S'il existe une modification de ces enzymes antioxydants, on peut observer l'arrivée d'un stress oxydatif. H_2O_2 n'est pas un radical au sens propre mais permet la formation du radical hydroxyle en présence de métaux de transition (réactions de Fenton et d'Haber-Weiss). Le radical hydroxyle est très toxique car très réactif et présente une grande probabilité de réagir à proximité immédiate de son lieu de production (Guilloty,2016).

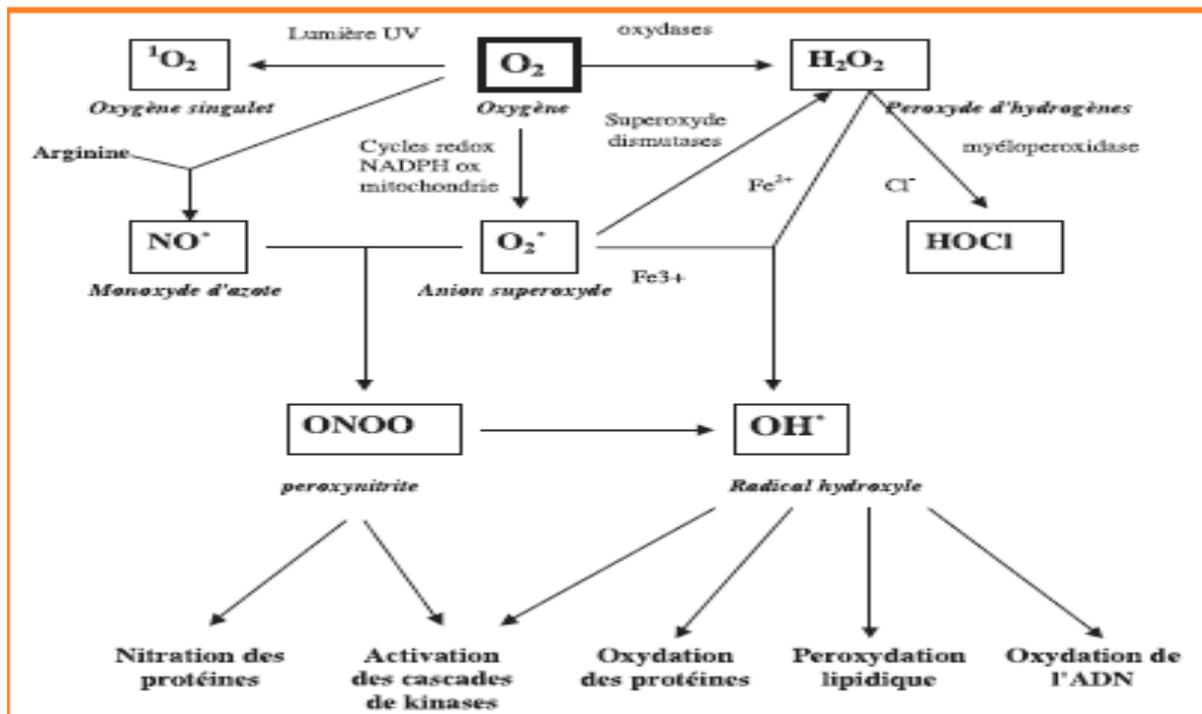


Figure 2: Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier, 2003).

I.5.Origine du stress oxydant

Le stress oxydatif est induit par des états redox déséquilibrés, impliquant soit une génération excessive d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), soit un dysfonctionnement du système antioxydant (Kim,2015).

Les origines du stress oxydant sont multiples et mènent à la formation d'espèces réactives de l'oxygène au sein de l'organisme. Les espèces réactives de l'oxygène comprennent des radicaux libres, c'est-à-dire des espèces chimiques possédant un électron célibataire, ainsi que des molécules non-radicalaires mais chimiquement instables. Ainsi, les espèces réactives de l'oxygène possèdent un pouvoir pro-oxydant vis-à-vis des éléments qui l'entourent(Kim ,2015).

Trois voies de génération endogène des espèces réactives de l'oxygène sont généralement décrites, à savoir : la chaîne de transfert des électrons située au niveau des mitochondries ; la flambée respiratoire des Cellules phagocytaires, ces dernières étant indispensables à la défense immunitaire. Ainsi que l'activité des enzymes de type oxydase. Lors de réactions inflammatoires, l'activation des enzymes telles que la NADPH-oxydase (nicotinamide adénine di nucléotide phosphate oxydase) et la myéloperoxydase (MPO) est à souligner. Effectivement, elles permettent une forte production d'espèces réactives de l'oxygène. Les oxydants jouent donc un rôle important dans l'inactivation et la destruction des micro-organismes par la peroxydation et déstabilisation des membranes lipidiques, par l'oxydation et l'inactivation de leurs protéines de structure. Par l'oxydation de leur matériel génétique (Demoffrats, 2005).

I.6.Les maladies liées aux stress oxydatif

Le stress oxydant provoqué par les ERO joue un rôle important dans l'apparition de plusieurs maladies chroniques et dégénératives. Le stress oxydant provoque l'oxydation des lipides de la membrane cellulaire et affecte les fonctions physiologiques et mentales. Le stress oxydant augmente par la présence de divers facteurs de risque tels que le tabagisme l'hypertension, le diabète et l'obésité (Nardjes ,2018).

L'équilibre entre les effets positifs et négatifs des radicaux libres est particulièrement fragile. La production de ces radicaux peut être régulée par l'organisme vivant. Les systèmes de régulation se composent d'enzymes, de protéines, de molécules anti oxydantes de petite taille et d'oligoéléments indispensables pour l'activité enzymatiques (Nardjes, 2018).

I .7.Système de défenses antioxydants

Pour se protéger des effets délétères des EOA, l'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydants.

On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes riches en vitamines C, E, caroténoïdes, ubiquinone, flavonoïdes, glutathion ou acide lipoïque ; l'autre est endogène et se compose d'enzymes (superoxyde dismutase, glutathionperoxydase, catalase), de protéines (ferritine, transferrine, céruléoplasmine, albumine) et de systèmes de réparation des dommages oxydatifs comme les endonucléases. A cela s'ajoutent quelques oligoéléments comme le sélénium, le cuivre et le zinc qui sont des cofacteurs d'enzymes antioxydantes. (Demoffrats, 2005).

I.8. Les antioxydants endogènes

I.8.1. Systèmes de défense enzymatiques

I.8.1.1. Les superoxy de dismutases (SOD)

Ces métalloprotéines, qui représentent une des premières lignes de défense contre le stress oxydant, assurent l'élimination de l'anion super-oxyde $O_2^{\bullet-}$ par une réaction de dismutation, en le transformant en peroxyde d'hydrogène et en oxygène. Chez l'homme, on décrit 3 isoenzymes : la Cu/Zn-SOD1 cytosolique, la Mn-SOD2 mitochondriale et la Cu/Zn-SOD3, qui diffèrent par la localisation chromosomique du gène, leur contenu métallique, leur structure quaternaire et leur localisation cellulaire. La SOD3 est sécrétée par les cellules musculaires lisses et constitue le système antioxydant majeur de la paroi artérielle : son expression et sa sécrétion sont augmentées par les facteurs vasoactifs (histamine, endothéline I, angiotensine II) et diminuées par l'homocystéine (Rev, 2007).

I.8.1.2. Les glutathion peroxydases (GPxs)

La GPx est une sélénoprotéine qui réduit les peroxydes aux dépens de son substrat spécifique, le glutathion réduit (GSH). Son rôle principal consiste en l'élimination des peroxydes lipidiques résultant de l'action du stress oxydant sur les acides gras polyinsaturés. La GPx est effondrée en cas de déficit majeur en sélénium, elle est donc un bon reflet de cette carence. Toutefois, pour un apport adéquat en sélénium, les teneurs en GPx atteignent un plateau. Le dosage en GPx ne peut donc être utilisé comme marqueur d'une intoxication en sélénium. Cependant, sa synthèse étant rénale et hépatique, d'autres facteurs tels que l'insuffisance rénale ou la cytolysse hépatique peuvent modifier sa concentration (Rev, 2007).

I.8.1.3. Le système thiorédoxine

Le milieu intracellulaire est plutôt réducteur, les protéines contiennent des groupements thiols libres et les ponts disulfures sont rares. L'antioxydant majeur responsable du maintien des protéines à l'état réduit est la thiorédoxine qui sera régénérée par le NADPH sous l'action de la thiorédoxine réductase (TrxR) qui possède un groupement élénocystéine dans son site actif. Elle intervient dans la dégradation des peroxydes lipidiques et du peroxyde

d'hydrogène, ainsi que dans la régénération du radical ascorbyl en acide ascorbique (Rev,2007).

I.8.2. Systèmes antioxydants non enzymatiques

I.8.2.1. Le glutathion et les protéines-thiols

Le glutathion est un tripeptide. Il est le thiol (-SH) majoritaire au niveau intracellulaire (l'albumine étant son équivalent plasmatique) où il est présent sous forme essentiellement réduite (GSH). Dans des conditions physiologiques, sa forme oxydée (GSSG) est en concentration très faible. Le rapport GSH/GSSG est considéré comme un excellent marqueur de la peroxydation lipidique et permet d'objectiver l'importance du stress. Au cours du vieillissement et lors d'un exercice intense, ce rapport tend à diminuer. Les autres propriétés antioxydants du GSH sont nombreuses : cofacteur de la GPx, chélateur des métaux de transition, régénérateur final des vitamines E et C, à partir de leur forme radicalaire. L'apport recommandé journalier est d'environ 300 mg (agrumes).

La plupart des protéines dont l'albumine contiennent des groupements « thiols » qui possèdent des propriétés réductrices et piègent facilement les espèces oxygénées activées (Rev,2007).

I.9. Les antioxydants exogènes

I.9.1. Médicaments

Ils constituent une source importante d'antioxydants. Actuellement, les classes thérapeutiques comme les anti-inflammatoires non stéroïdiens, les antihyperlipoprotéïnémiques, les bêta-bloquants et autres antihypertenseurs ont été évalués pour leurs propriétés antioxydants.

I.9.2. Antioxydants naturels

I.9.2.1. La vitamine C (acide ascorbique)

Est l'un des antioxydants exogènes hydrosolubles les plus répandus (Spector, 2014). Elle est un bon scavenger des RS dans les milieux biologiques, en particulier des radicaux hydroxyles, alcoxyles et d'anions superoxydes, en formant l'acide semi-déhydroascorbique, et par conséquent, elle empêche la dégradation oxydative des biomolécules essentielles (Sung, 2013).

Elle protège également les phospholipides membranaires des dommages de la peroxydation lipidique, par le piégeage des radicaux libres dans le cerveau. L'efficacité de l'acide ascorbique comme antioxydant primaire dans le plasma, a été rapportée comme la plus grande, suivi par la bilirubine, l'acide urique, la coenzyme Q, et de la vitamine E (Pisoschi, 2015).

I.9.2.2. L'acide ascorbique

Comme antioxydant primaire dans le plasma, a été rapportée comme la plus grande, suivi par la bilirubine, l'acide urique, la coenzyme Q, et de la vitamine E (Pisoschi, 2015).

I.9.2.3. La vitamine E(Tocophérol)

Prévient la peroxydation des lipides membranaires in vivo en capturant les radicaux peroxydes. Ainsi, la vitamine E joue un rôle dans la préservation de la membrane contre les dommages des radicaux libres promu par les lipoprotéines de faible densité (LDL) (Pisoschi, 2015).

I.9.2.4. Les flavonoïdes

Les relations entre les structures et les activités anti-oxydantes des flavonoïdes et des composés phénoliques ont montré que l'activité anti-oxydante était déterminée par la position et le degré d'hydroxylation (Fig.3).

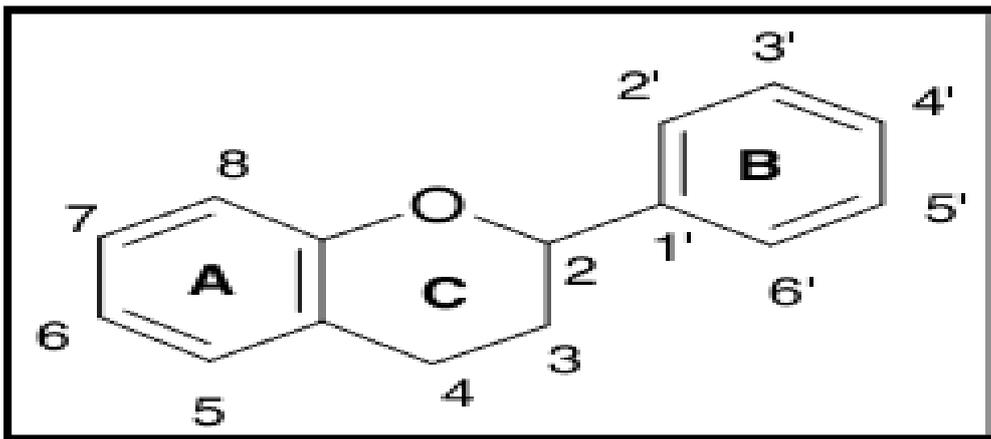


Figure 3 : Structure chimique générale des flavonoïdes (Kumar, 2013).

I.9.2.5. Les tanins

Ces tanins sont des donneurs de protons aux radicaux libres lipidiques produits au cours de la peroxydation (Fig.4).

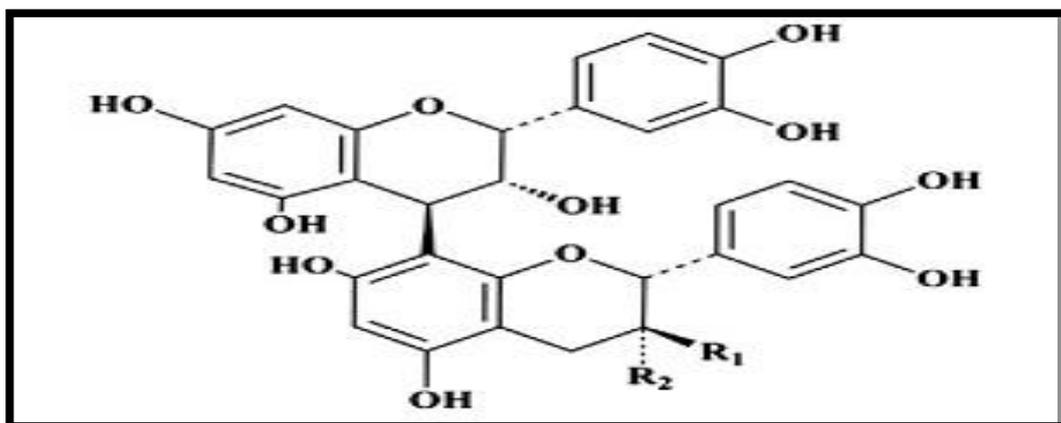


Figure 04 : Exemple d'unité structure de base des tanins condensés (Garrido, 2013).

I.9.2.6. Les phénols

Les acides phénoliques, comme l'acide rosmarinique, sont fortement antioxydants et anti-inflammatoires et peuvent avoir des propriétés antivirales (Diallo, 2005).

I.10. Composés phénoliques (Poly phénols)

Les composés phénoliques ou polyphénols constituent un large groupe de produits naturels largement distribués dans le règne végétal. Ce sont des métabolites secondaires dérivés des voies : pentoses phosphate, shikimate et phénylpropanoïdes dans les plantes (Balasundram, 2003).

Ces composés sont d'une importance physiologique et morphologique considérable chez les végétaux, ils jouent un rôle important dans leur croissance, leur reproduction, leur pigmentation et dans leur mécanisme de défense contre les rayonnements ultraviolets et les agents pathogènes (Luo, 2016).

Structurellement, les composés phénoliques comprennent un ou plusieurs cycles aromatiques, portant un ou plusieurs groupements hydroxyle (-OH), et vont de simples molécules phénoliques à des composés hautement polymérisés. La plupart des composés phénoliques d'origine naturelle sont présents sous formes conjuguées ; des mono- et des polysaccharides, liés à un ou plusieurs groupes phénoliques, et peuvent également se produire sous forme de dérivés fonctionnels, tels que des esters et des esters méthyliques (Molino, 2016).

I.10.1. Classes majeures des Polyphénols

En fonction du nombre de cycles phénoliques et les propriétés structurelles de liage, les Polyphénols peuvent être classés en plusieurs catégories, comme indiqué dans le (Tab.1).

Parmi ceux-ci, les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins sont considérés comme les principaux composés phénoliques alimentaires (Balasundram, 2003).

Tableau 1 :Classes des composés phénoliques des plantes(**Balasundram, 2006**).

Classes phénoliques	Structure
-Composés phénoliques simples	C6
benzoquinones	C6-C1
-Acides Hydroxybenzoïques	C6-C2
-Acétophénones, acides phénylacétiques	C6-C3
-Acides Hydroxycinnamiques, -	C6-C4
phénylpropanoïdes	C6-C1-C6
-Naphthoquinones	C6-C2-C6
-Xanthones	C6-C3-C6
-Stilbenes, anthraquinones	(C6-C3)2
-Flavonoïdes, isoflavonoïdes	(C6-C3-C6)2
-Lignanes, néolignanes	(C6-C3) n
-Biflavonoïdes	(C6-C3-C6) n

I.11. Activité antioxydant

Des espèces réactives de l'oxygène d'origine à la fois endogène et exogène sont présentes à l'intérieur d'un système biologique. Ces produits chimiques provoquent l'oxydation des molécules cellulaires, et conduisent au développement de maladies dégénératives telles que le cancer, le diabète, l'arthrite, les maladies cardio-vasculaires et les maladies neurodégénératives par immunomodulation. Les intérêts de recherche se concentrent sur les antioxydants naturels dans les aliments en vue de minimiser les dommages causés par les radicaux libres et de maintenir la qualité des aliments. Les plantes produisent une large gamme de métabolites secondaires qui présentent des activités antioxydantes telles que les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes, quinines et coumarines), les composés azotés (alcaloïdes et amines), les vitamines, les terpénoïdes et autres (**Mohamed, 2018**).

La consommation d'une alimentation riche en légumes et en fruits est associée à une réduction des risques de maladies dégénératives chroniques. En fait, les légumes et les fruits sont

constitués de composés polyphénoliques antioxydants, en particulier des Flavonoïdes et des acides phénoliques, capables de piéger les radicaux libres de l'oxygène (Mohamed, 2018).

I.12.Mécanismes d'action des antioxydants

Les antioxydants sont des agents de prévention, ils bloquent la phase d'initiation du processus d'oxydation en complexant les catalyseurs, en réagissant avec l'oxygène, ou des agents de terminaison capables de dévier ou de piéger les radicaux libres. Ils agissent en formant des produits finis non radicalaires (Tab.2). Ils peuvent également chélater des traces métalliques responsables de la production des espèces réactives oxygénées ou encore interrompre la réaction en chaîne de peroxydation, en réagissant rapidement avec un radical d'acide gras avant que celui-ci ne puisse réagir avec un nouvel acide gras (Favier, 2006).

Tableau 2 : Principaux modes d'action de quelques antioxydants (Pastre,2005).

	Nature	Mode d'action
Défenses non enzymatiques	Vitamine E	Piéger des radicaux libres
	Vitamine C	Piéger des radicaux libres
	Béta carotène	Piéger des radicaux libres
	Béta carotène	Piéger des radicaux libres
	Béta carotène	Fixation des métaux de Transition
	Acide urique	Piéger certains radicauxlibres
Défenses enzymatiques	Superoxyde dismutase	Catalyse la dismutation de L'anion superoxyde
	Catalase Métabolise	Métabolise H ₂ O ₂
	Glutathion peroxydase	Action réductrice sur H ₂ O ₂ et les hydro peroxydes

I.12.1. Les antioxydants de type I

L'action des antioxydants de type I repose sur leur capacité à inactiver les radicaux libres. Ils inhibent la propagation des réactions radicalaires en fournissant des hydrogènes aux radicaux libres présents (Lamia, 2010).

I.12.2. Les antioxydants de type II

Ce type d'antioxydant prévient la formation des radicaux libres et peut intervenir par différents mécanismes. Les flavonoïdes (un énorme potentiel antioxydant naturel) rentrent dans cette catégorie d'antioxydants. Ils agissent en piégeant les radicaux libres et en complexant les métaux pro-oxydants (**Lamia, 2010**).

I.12.3. Les antioxydants de type III

Ils regroupent les facteurs de l'environnement qui ont une action antioxydante en agissant sur le potentiel redox du milieu, la température, la pression en oxygène, la lumière. L'efficacité des antioxydants peut être augmentée par l'utilisation d'un mélange d'antioxydants de type I et II. L'association de ces deux types d'antioxydants permet d'inhiber les phases d'initiation et de propagation de l'oxydation des lipides (**Lamia, 2010**).

Chapitre II

Lepidium Sativum

II. *Lepidium Sativum*

II.1. Généralité

Après la conférence de Rio en 1992, la question la plus importante dans le domaine des connaissances traditionnelles était de savoir comment certains groupes ethniques ou la population locale utilisent et conservent leur environnement. En Afrique, les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurales et urbaines et sont les principaux moyens par lesquels les individus se soignent (**Badiaga, 2011**). En milieu rural, malgré l'avènement des produits pharmaceutiques modernes, ceux-ci restent inaccessibles aux pauvres populations. Ceci les oblige à continuer à se tourner vers les plantes pour leurs soins médicaux.

Lepidium sativum Linn. (*L. sativum*) est une précieuse plante à des feuilles comestibles, un proche parent des plantes du genre (**Tab.3**) Brassica (moutarde, colza et chou), représentants de la famille Brassicaceae (anciennement Cruciferae). Il a un goût caractéristique, chaud, et un arôme proche du poivre noir. Ses précieuses propriétés nutritionnelles ne sont conservées que pendant une courte période dans la phase des jeunes pousses (**Michalczyk et al., 2011**). Dans certaines régions, *L. sativum* est connu sous le nom, de cresson (**Tab.4**) de jardin (Garden Cress), cresson de poivre de jardin, herbe poivrée, poivre de mouton ou poivre de l'homme pauvre (**Prajapati et al., 2014**). Il est également connu dans les pays arabes sous le nom, de Rashad (**Al-Yahya et al., 1994**), ELRshad (**Abuelgasim et al., 2008**) ou Hab-Rchad (**Chatoui et al., 2016**) et comme Asaliyo ou Chandrasoor dans les langues locales en Inde (**Prajapati et al., 2014**).

II.2.1. Classification scientifique

Tableau 03 : La Classification scientifique de *Lepidium sativum*(**Friedel, 1904**).

Classification	
règne	Plantae (plante)
Sous-règne	Tracheobionta
Déviation	Mgnoliophyta
Classe	Magnolipsida
Sous-classe	Dillenidae
Ordre	Capparales
Famille	Brassicaceae
Genre	Lepidium
Espèce	Lepidium sativum

Classification phylogénétique	
Ordre	Brassical
Famille	Brassicaceae

II.2.2.Noms communs

Tableau 04 : Noms communs de *Lepidium sativum*(Friedel, 1904)

Langue	Nom
Arabe	حب الرشاد
Français	<i>Cresson alénois</i>
Français	<i>Passeragecultivée</i>
Italie	<i>Crescioneinglese</i>
Anglais	<i>Garden pepperwort</i>
Anglais	<i>Garden cress</i>
Anglais	<i>Uplandcress</i>
Allemand	<i>Gartenkresse</i>
Latin	<i>Lepidium sativum</i>
Nom scientifique	<i>Lepidium sativum</i> linn

II.3.Description de la plante (*L. sativum*)

L. sativum est une plante herbacée, dressée, de couleur plus ou moins glauque (Fig.6). Sa tige est glabre, finement striée, profusément ramifiée et pousse jusqu'à 50-80 cm d'hauteur (Wadhwa et al., 2012).



Figure 6 :Aspect morphologique de *L. Sativum* (Wadhwa et al., 2012).

II.4. Description des graines du cresson alénois

Les graines du cresson alénois sont petites (**Fig.7**), de forme ovale, pointues et triangulaires à une extrémité, lisses, d'environ 3- 4 mm de long, 1-2 mm de large, de couleur brun rougeâtre. Un sillon présent sur les deux surfaces s'étendant jusqu'aux deux tiers vers le bas, une légère extension en forme d'aile présente sur les deux bords de la graine. En trempant dans l'eau, le tégument se gonfle et se recouvre d'un mucilage transparent, incolore et mucilagineux (**Bigoniya, 2011**).

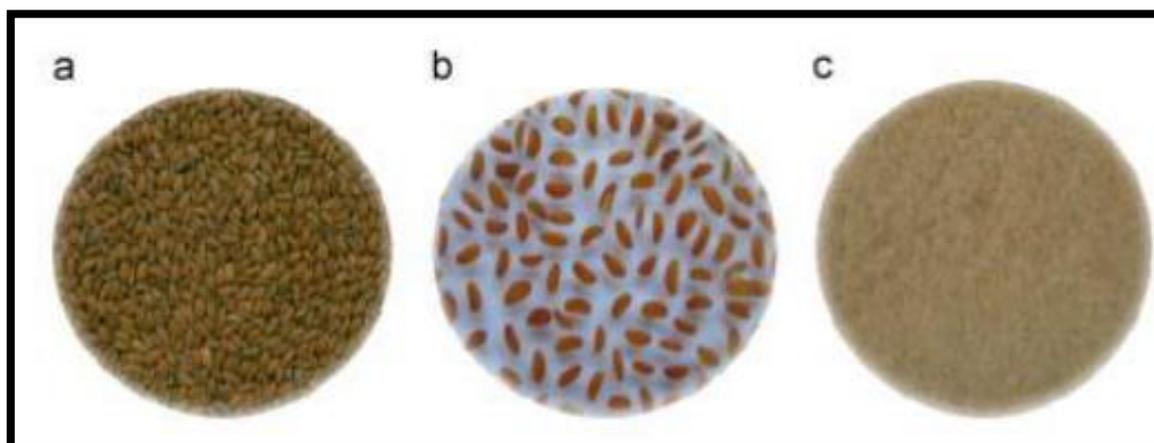


Figure 07 : La vue picturale de *L. Sativum*.a: les graines de cresson; b les graines dans l'eau, et c la poudre de graines de cresson (**Rasavi et al., 2007**)

II.5. Composition photochimique

Des études phytochimiques sur les graines de *L. sativum*, ont révélé la présence d'alcaloïdes, de glycosides, de stérols, de carotène, d'huile volatile et d'huile fixe. Des études antérieures ont isolé l'acide sinapique et la sinapine à partir de l'extrait méthanolique dégraissé des graines de *L. sativum* (**Shultz, 1952**). **Maier et al., (1998)** ont identifié sept alcaloïdes imidazoles: Lepidine B, C, D, E et F (dimères) et deux nouveaux alcaloïdes monomères semilepidinosides A et B, dans les graines de *L. sativum*. Par contre, **Radwan et al., (2007)** ont étudié les glucosinolates des graines de *L. sativum*. Ils ont signalé la présence de glucotropaeoline et de 2- phényléthylglucosinolate également appelé gluconasturine.

L'extraction d'huile fixe des graines de *L. sativum* avec de l'éther de pétrole, a donné un taux de 25.5%. Cette huile a été de couleur brune jaunâtre et contenant des acides gras saturés et non saturés, tels que l'acide palmitique (1.27 %), stéarique (6.01 %), arachidique (1.54 %), béhénique (1.73 %), lignocérique (0.2 %), oléique (61.25 %) et linoléique (28.0 %).

La matière insaponifiable est rapportée comme contenant du β -sitostérol et de l' α -tocophérol (Mali et al., 2007).

Nayak et al., (2009) ont identifié et quantifié l'acide sinapique à partir de l'extrait méthanolique des graines de *L. sativum* par chromatographie en couche mince haute performance (HPLC). L'acide sinapique a été séparé sur une couche mince de gel de silice et déterminé par HPLC-photo densitomètre et a rapporté environ 0.47 % d'acides sinapiques dans les graines de *L. sativum*.

Zia-UI-Haq, (2012) ont identifié des composés phénoliques dans les graines de *L. sativum* sur la base de leurs masses spectrales caractéristiques. La plupart de ces composés ont été des acides phénoliques à savoir, l'acide gallique, l'acide protocatechuique, l'acide coumarique, l'acide caféique, l'acide coumarique hexoside, l'acide caféique hexoside, l'acide ferulique hexoside, l'acide vanilliquehexoside, l'acide caffeoylquinique et enfin l'acide coumaroylquinique. Les autres composés ont été, la quercétine, quercétine hexoside, kaempferol et kaempferol-glucuronide.

II.6.Utilisation thérapeutique

Au 8ème siècle un docteur célèbre Hebn AL-Bautas a étudié les usages médicaux de *L. sativum* en détail et il a trouvé que cette plante augmente la faim et se débarrasser des vers de l'estomac(Wadhwa et al., 2012).

Récemment, on a trouvé que chaque partie de *L. sativum* est utilisée pour divers traitements des maladies: Les graines sont appliquées dans une large gamme de fonctions biologiques et de maladies telles que la lèpre, les maladies de la peau et comme diurétique. Les racines sont utilisées dans le traitement de la syphilis secondaire et du ténesme. Les feuilles constituent un remède antibactérien et un traitement du scorbut et de l'hépatopathie(Karazhiyan et al., 2011).

Une étude récente des différentes régions d'Arabie saoudite a montré que les graines de *L. sativum* sont couramment utilisées comme fébrifuge, anti-rhumatismales, diurétiques et pour soulager les douleurs menstruelles et abdominales. Elles sont également utilisées pour le traitement et la guérison rapide des fractures osseuses (Al-Yahya et al., 1994).

En Asie du Sud, les graines de *L. sativum* sont utilisées comme médicament traditionnel pour traiter la bronchite, l'asthme et la toux. Elles sont considérées comme un remède abortif, diurétique, expectorant, antibactérien, stimulant gastro-intestinal, gastro-protecteur, laxatif et stomadique. Elles sont appliquées aussi pour soulager la douleur et l'enflure des articulations rhumatismales, dans le hoquet, la dysenterie, la diarrhée et les

maladies cutanées causées par les impuretés du sang. Les bonbons traditionnels pour les mères allaitantes sont préparés à partir des graines de *L. sativum* (Doke et Guha, 2014).

En Inde, la plante est considérée comme un remède contre l'asthme, la dysenterie, les saignements de piles et comme diurétique (Al-Yahya et al., 1994).

En Chine et dans d'autres pays d'Orient Extrême, les graines sont utilisées pour le traitement des coliques abdominales, de l'asthme, de la pleurésie et de l'hydropisie (Al-Yahya et al., 1994).

L. sativum est considérée comme l'une des meilleures plantes médicinales de divers pays africains où les graines sont mâchées pour guérir les maladies de la gorge, l'asthme, les maux de tête et sont utiles pour la diurèse et les troubles menstruels (Kloos, 1976).

Hartwele, (1976) a signalé que les graines de *L. sativum* étaient un remède contre les tumeurs utérines, les polypes nasaux et le cancer du sein.

II.7. Répartition géographique du *Lepidium sativum*

Afrique du Nord ou de l'Est, Moyen- Orient, Asie de l'Ouest (Fig.8), mais on pense qu'il pourrait s'agir de l'Ethiopie et des pays avoisinants. Sa domestication s'est probablement faite en Asie occidentale. Il était cultivé dans l'Antiquité en Grèce et en Italie et peut-être aussi en Egypte. On le cultive aujourd'hui dans le monde entier, y compris la plupart des pays africains, mais surtout à petite échelle dans les jardins familiaux. On le trouve aussi dans la nature, échappé des cultures, mais on ne sait pas s'il existe quelque part à l'état sauvage. (Gregory, 2007).



Figure 8 : Répartition géographique de *Lepidium sativum* (Gregory, 2007)

II.8. Informations nutritionnelles

Cette plante contient de nombreux nutriments, notamment les vitamines, les protéines et les sels minéraux (Tab.5).

Tableau 05 : Information nutritionnelles de *Lepidium sativum* (Wikipedia, 2021)

Valeur nutritionnelle par (100g)	
Energie	134 KJ (32 Kcl)
Les glucides	5,5 g
Du sucre	4,4 g
Fibre alimentaire	1,1 g
protéine	
Protéine total	2,6 g
Vitamines	
Equivalent en vit A	346 mcg (38 %)
Thiamine (vit B -1)	0,08 mlg (6 %)
Alraipavlovi(vit B -3)	0,26 mlg (17 %)
Niacine (vit B -3)	1 mlg (7 %)
Vitamine B ou Acide pantothénique	0,247 mlg (5 %)
Vitamine	0,247 mlg (19 %)
Sel acide folique vit B-9	80 mcg (20 %)
Vitamine C	69 mlg (115 %)
Vitamine E	0,7 mlg (5 %)
Vitamine K	541,9 (516 %)
Minéraux et sels	
Calcium	81 mlg (8%)
Fer	1,3 mlg (10 %)
Magnésium	38 mlg (10 %)

II.9. Substances bioactives de *Lepidium sativum*

Il contient les graines et les feuilles ont la saveur légèrement piquante, intense et chaude; car elles renferment un composé soufré qui leur confèrent ce goût caractéristique de cette famille. Il est très riche en vit C, E, A, B1, B2, des sels minéraux, des glucosides (Aouadhi, 2010).

II.10. Vertus médicinales de *Lepidium sativum*

Cette plante se révèle efficace contre de nombreux troubles digestifs en raison de son action stimulante, laxative et diurétique. De plus, il lutte contre la constipation et les hémorroïdes et il apaise les maux de ventre. Par ailleurs, *Lepidium sativum* est utile en cas d'asthme ou de toux, diurétique, expectorant, stomachique ; employé dans le traitement des maladies respiratoires, faiblesse pulmonaire, bronchites chroniques, laryngites. Scrofulose, rachitisme, scorbut, dermatoses, engorgements ganglionnaires; maladies des voies urinaires; atonie gastrique, dyspepsies, stimulant la digestion; possède une action hypoglycémiant qui le fait recommander dans le régime des diabétiques (Aouadhi, 2010).

II.11. Les activités biologiques de *L. sativum*

Lepidium sativum est utilisé comme aliment et source de médicaments, et il est efficace contre diverses maladies telles que l'hypertension, l'arthrite, l'hépatotoxicité, l'inflammation, le diabète, le cancer, la bronchite, etc. sur la base de nombreuses études, *Lepidium sativum* a prouvé sa valeur et mérite par des études plus approfondies sur ses utilisations nutritionnelles et médicinales (Falana et al., 2014).

II.11.1. Activité anti-microbienne

L'activité anti-microbienne de *Lepidium sativum* a été prouvée par Shama et al., (2011) contre les souches bactériennes *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiellapneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*. Une autre étude réalisée par Siy Adam et al., (2011) a démontré l'activité antimicrobienne de l'extrait de graines de *Lepidiumsativum* contre six micro-organismes pathogènes à savoir. *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiellapneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* et le champignon *Candida albicans*. L'extrait d'éther de pétrole de graines de *Lepidiumsativum* à différentes concentrations, s'est révélé être un anti-microbien actif contre l'ensemble des 6 agents pathogènes ayant une forte activité antifongique. Une autre étude établie par Sharma et al., (2012) a prouvé l'activité antifongique de l'extrait éthanolique de graines de *Lepidium sativum* contre *Fusarium equiseti*, *Aspergillus flavus* et *Alternaria*.

II.11.2. Activité anti-oxydante

Une étude réalisée par **Yadav et al. (2011)** a mis en évidence le potentiel antioxydant de l'extrait éthanolique de graines de *Lepidium sativum* in vitro. Une étude ultérieure menée par **Indumathy et Aruna (2013)** a montré que l'extrait méthanolique de graines de *Lepidium sativum* possède un potentiel anti-oxydant.

II.11.3. Activité anti-inflammatoire

Al-Yahya et al., (1994) ont exploré les activités anti-inflammatoires, antipyrétiques et analgésiques d'un extrait éthanolique de graines de *Lepidium sativum* chez des rats. L'extrait a significativement inhibé l'œdème pédieux induit par la carragénine chez le rat. L'administration d'extrait de graines de *Lepidium sativum* prolongeait significativement le temps de réaction de la plaque chauffante révélant son activité analgésique. Les études de coagulation ont montré que l'extrait induisait une augmentation significative du taux de fibrinogène et une diminution insignifiante du temps de prothrombine. Une autre étude réalisée par **Raval et Ravishankar (2010)** a mis en évidence l'effet analgésique des graines de *Lepidium sativum* chez des rats Charles Foster Albino et des souris Swiss albinos. Dans la réponse au léchage de la patte induite par le formaldéhyde, il y avait une inhibition significative de la douleur neurogène. Dans la réponse au coup de queue, un effet léger à modéré a été rapporté par les auteurs. En outre, les extraits de feuilles et de graines ont un effet anti-inflammatoire. La présence de flavonoïdes, d'alcaloïdes, de glycosides cyanogéniques, de tanins, les glucosinolates, les stérols et les triterpènes contribuent à cet effet. Des graines meurtries mélangées à du jus de citron vert peuvent être utilisées localement pour réduire l'inflammation et les douleurs rhumatismales (**Wadhwa et al., 2012**).

Chapitre III

La phytothérapie

III. Laphytothérapie

III.1. Historique

Depuis la création, les hommes se sont tournés vers la nature pour chercher et découvrir empiriquement les moyens de sauvegarder leur santé

Le premier texte sur la médecine par les plantes a été gravé sur des plaques d'argile par les Sumériens, environ 3 000 ans avant Jésus-Christ. Ils utilisaient des plantes telles que le myrte, le chanvre et le thym. L'histoire de la phytothérapie est liée à celle de l'humanité, car dans toutes les cultures on a toujours compté sur les valeurs curatives des plantes pour soigner et guérir les hommes. Certaines cultures – notamment en Chine et en Inde – perpétuent depuis des siècles une longue tradition d'herboristerie, tandis qu'en Europe et Amérique du Nord, sa popularité fut plus fluctuante face à la médecine conventionnelle.

Il est vraisemblable que la première médecine par les plantes, hormis une utilisation presque instinctive des propriétés thérapeutiques des plantes qui existe depuis la nuit des temps et est toujours pratiquée dans certaines tribus, soit née en Inde, il y a plus de 4000 ans.

Ce savoir se propagea également vers l'ouest, au Moyen-Orient, et la tradition égyptienne eut une influence significative sur l'herboristerie européenne. Des papyrus datant de 3500 ans indiquent que les Egyptiens employaient plusieurs centaines de plantes tant pour leurs valeurs culinaires que thérapeutiques. Ces deux usages demeurèrent inextricablement liés pendant des siècles, comme l'écrivait un médecin grec : « que votre nourriture soit votre médecine, et votre médecine votre nourriture » (Sebia et al., 2012).

III.2. Définition de la phytothérapie

Le mot phytothérapie provient de deux mots (phyton = végétal et Therapein = soigner) qui signifient essentiellement « soigner avec les plantes ». La phytothérapie désigne la médecine basée sur les extraits des plantes et les principes actifs naturels (Boussaid et al., 2014).

C'est une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes. Les plantes doivent être inscrites à la Pharmacopée Française et avoir un usage exclusivement médicinal (Laurain Mattar, 2014).

D'une manière générale, il est fortement conseillé d'utiliser précocement la phytothérapie pour une action plus rapide et plus efficace (Bouacherine et Benrabria 2017).

Les préparations peuvent être obtenues par macération, infusion, décoction, ou sous forme de teinture, poudre totale, extraits, ... etc. Les plantes médicinales peuvent être des espèces cultivées mais dans la plupart des cas des espèces sauvages (Mohammedie, 2013).

III.3. La phytothérapie traditionnelle

Elle relève du concept philosophique voire de l'idéologie pour certains, ou trouve sa justification dans l'empirisme pour d'autres, c'est la forme de phytothérapie la plus controversée. Les plantes médicinales représentent depuis des siècles le plus important réservoir thérapeutique. En l'absence d'outils scientifiques, un ensemble de connaissances s'est constitué par l'observation et par l'expérience. Certaines propriétés des plantes médicinales ont pu être mises en avant dans le cadre d'une démarche globale. En effet, les principes actifs n'ont été isolés qu'au début du XIX^{ème} siècle, alors que jusqu'à cette date, les plantes ou parties de plantes étaient utilisées telles quelles, subissant de moindres transformations (macérations, infusions, alcoolats...). De même, l'observation de l'éventuelle activité d'une plante sur l'organisme ne pouvait être révélée que par la modification de la symptomatologie du patient. De fait, l'approche traditionnelle revêt un caractère « intégral », « global » qui l'éloigne de l'approche médico-scientifique occidentale actuelle qui, elle, tend davantage à la purification, à l'isolement des substances et à l'identification précise des mécanismes d'action pharmacologique sur des récepteurs, des cellules ou des organes. Il n'en demeure pas moins que cette approche offre une échelle d'observation inégale, tant sur la durée que pour le nombre de sujets (Jortie, 2015).

III.4. La phytothérapie clinique

La phytothérapie moderne dite « clinique », quant à elle, à laquelle on s'intéresse. Elle utilise la plante médicinale selon toutes les données issues de la connaissance pharmacologique. Certaines données ancestrales confirmées par la pratique clinique, en les réintégrant dans le contexte de nos connaissances scientifiques, médicales et pharmacologiques actuelles, prenant en compte la notion de totum, les mécanismes de synergie et de potentialisation des différents constituants d'une même plante et des plantes entre elles, ainsi que les réactions physiologiques cliniques qu'elles provoquent sur un individu donné, avec en parallèle la prise en compte du système régulateur de sa fonctionnalité, à savoir le système endocrinien (Carillon, 2009).

III.5. Différents types de la Phytothérapie

III.5.1. La phytothérapie pharmaceutique

Utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats... (Zeghad, 2009).

III.5.2.L'herboristerie

Correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée ; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélule de poudre de plante sèche que le sujet avale (**Zeghad, 2009**).

III.5.3.L'homéopathie

L'homéopathie a été mise au point par le médecin allemand Samuel Hahnemann. Le principe de cette méthode est la règle de similitude : *similia similibus curentur* (les semblables sont guéris par les semblables), c'est à dire on administre au patient une dose infinitésimale d'une substance (animale, minérale, ou végétale) produisant expérimentalement chez une personne saine des symptômes semblables à ceux présentés par la personne affectée (**Grunwald et al., 2006**).

III.5.4. La gemmothérapie

Le terme « gemmothérapie » provient du latin *gemmae* qui signifie à la fois bourgeon et pierre précieuse, et du grec *therapeia*, qui veut dire soin. C'est donc une thérapie par les bourgeons végétaux.

D'une manière plus large, la gemmothérapie correspond à l'utilisation des tissus embryonnaires végétaux (bourgeons, radicules, jeunes pousses), toujours en croissance, mis en macération dans différents solvants et permettant l'obtention d'un extrait que l'on appelle macérât glycériné(**Andrienne 2011**).

III.5.5. L'aromathérapie

Est une thérapeutique qui utilise les essences des plantes, ou huiles essentielles, substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes, ces huiles sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau (**Zeghad, 2009**).

III.5.6. La phytothérapie chinoise

Les Chinois préfèrent la phytothérapie (70% des traitements) à l'acupuncture (30%), les deux thérapies présentent une synergie d'action lors de leur combinaison mais elle est rarement mise en œuvre (**Charlot, 1990**).

En Chine, la phytothérapie représente en 2012, environ 40% du marché pharmaceutique et 21 milliards de dollars de chiffre d'affaires. Le gouvernement investit de plus en plus dans des travaux de recherche sur la pharmacopée chinoise et dans des projets

concernant la médecine traditionnelle, comme par exemple l'ouverture ou la rénovation d'hôpitaux spécialisés (15% du parc) (OMS 2012).

III.6. Usage de la phytothérapie

Différentes plantes peuvent être réputées à la fois comme toxiques et plantes médicinales. La mise en évidence de la toxicité de la phytothérapie n'est pas toujours aisée. Ainsi, d'après De Smet, pour avoir 95 chances sur cent d'observer 3 fois une réaction secondaire à la phytothérapie qui se traduit chez un patient sur 1000, un praticien doit avoir au moins 6500 patients (Zeggwagh et al., 2013).

III.7. Le principe de la phytothérapie

En phytothérapie, les plantes sont également utilisées comme des médicaments pour réguler les fonctions du corps. Selon les phytothérapeutes, une maladie ne survient pas par hasard. Elle est la conséquence d'un déséquilibre interne à l'organisme qui doit en permanence s'adapter à son environnement. La phytothérapie s'attache à analyser les systèmes constitutifs de l'organisme : systèmes neuroendocrinien, hormonal, immunitaire, système de drainage... (Devoyer, 2012).

III.8. Intérêt de la phytothérapie

La phytothérapie se pratique sous différentes formes et uniquement dans le cas de maladies « bénignes ». Bien sûr, bon nombre de symptômes nécessitent des antibiotiques ou autres traitements lourds. Dans d'autres cas, se soigner par les plantes représente une alternative reconnue par la médecine et dénuée de tout effet toxique pour l'organisme (Berlencourt, 2017).

III.9. Les avantages de la phytothérapie

Généralement, les plantes médicinales d'usage courant ne provoquent que très peu, voire aucun effet indésirable.

- La phytothérapie est rentable et moins coûteuse que les médicaments achetés dans une pharmacie allopathique. Achat sans ordonnance.
- Ils sont disponibles dans n'importe quel magasin de la santé.
- La phytothérapie et les remèdes sont plus efficaces que la médecine allopathique pour certains maux.
- La médecine chimique prescrite par un pharmacien pourrait avoir certains effets secondaires négatifs. Cependant, la plupart des herbes médicinales et les remèdes n'ont pas d'effets secondaires négatifs. Le cas échéant, ils sont plus doux que la médecine allopathique.

- La phytothérapie peut être utilisée efficacement pour le processus de détoxification du corps naturel.
- La phytothérapie, qui inclut des herbes telles que le gingembre, le poivron, l'ail et agripaume aider à contrôler les maladies liées à la circulation du sang telles que l'hypertension artérielle, les ulcères variqueux et ainsi de suite. Beaucoup de plantes médicinales sont utilisées (**Ben Moussa, 2007**).

III.10. Effets secondaires de la phytothérapie

Les phytomédicaments se distinguent des médicaments chimiques de synthèse par la fréquence et l'intensité, mais pas fondamentalement, car, ils sont mieux tolérés que les médicaments synthétiques. Les effets indésirables des phytomédicaments sont classés comme suivant :

- ✓ Phytomédicaments contenant des substances très actives et possédant un potentiel de risques proportionnel ; ont généralement disparu de l'arsenal thérapeutique moderne, sinon sous forme de substances pures isolées.
- ✓ Phytomédicaments contenant des substances actives et dont l'usage excessif (surdosage, utilisation prolongée) peut entraîner des effets indésirables.
- ✓ Phytomédicaments dont l'action thérapeutique n'a pas été clairement démontrée, mais pouvant néanmoins entraîner des effets indésirables
- ✓ . Phytomédicaments pouvant entraîner des effets secondaires dangereux du fait de la présence d'additifs non définis (**Ben Moussa, 2007**).

III.11. Les différentes formes galéniques de phytothérapie

Les plantes reconnues comme ayant des vertus thérapeutiques sont disponibles à l'officine sous plusieurs formes galéniques (Tab.6).

Tableau 06 : Les différentes formes galéniques de phytothérapie (Chabrier, 2010)

Présentation	Formes galéniques
Formes solides	<ul style="list-style-type: none"> • comprimés • gélules
Formes liquides	<ul style="list-style-type: none"> • Extraits fluides • Teintures, alcoolatures, alcoolats • Teinture mère • SIPF (Suspensions Intégrales de Plantes Fraîches) • Macéras glycinés • Digestes huileux et huiles infusées • Sirops, eau distillée, élixirs floraux • Huiles essentielles
Formes destinées à l'usage externe	<ul style="list-style-type: none"> • Liniments • Pommades • Gel • Décoction, tisane • Huile essentielle

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

Objectif

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Abdelhamid ibn Badis Mostaganem.

Beaucoup de tests standardisés évaluant l'activité antioxydant. Les tests DPPH, FRAP et ABTS, et la quantification des Polyphénols et flavonoïdes totaux ont été retenus dans le cadre de cette étude. Des modifications ont été, cependant, apportées afin de les optimiser et de les adapter à cette étude.

I. Matériel

I.1. Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé est les graines cresson alénois de (*Lepidium sativum*). Les graines ont été achetées le 18 février 2021 de la région de Mostaganem, située à l'ouest d'Algérie. Ainsi, nettoyées puis broyées en poudre par un broyeur électrique(**Fig.9**).

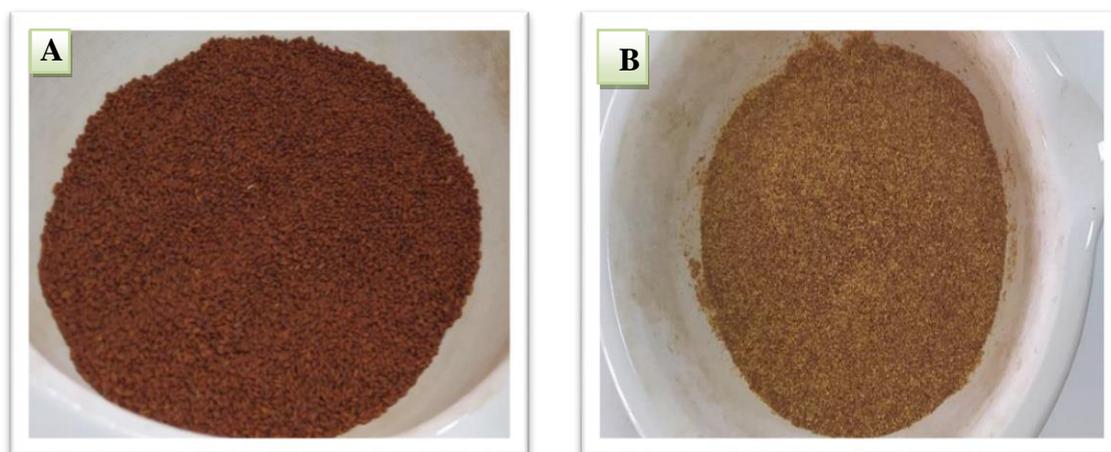


Figure 9: (A):Les graines de cresson alénois, (B):Les graines de cresson alénois en poudre.

II. Méthode

II.1.Méthode extraction

L'extraction des graines *lipiduum sativum*.a été réalisée suivant la méthode de (Markham,1982).100g de la matière sèche broyée de la plante ont été mise à une extraction dans un mélange hydro alcoolique (80% méthanol). Le mélange est mixé pendant 20 min. Ensuite, une filtration sous vide a été réalisée donnant à la fin un filtrat (1) et un précipité. Le précipité est soumis à une deuxième extraction le mélange est mixé pendant 20 min.

A l'issue de cette extraction et après le même procédé de filtration (sous vide) ; un filtrat (2) a été récupéré et mélangé avec le filtrat(1). L'ensemble (filtrat 1+filtrat 2). Par la suite, le

solvant d'extraction est évaporé à une température comprise entre 40 et 50°C. Par conséquent, l'extrait brut obtenu a été lyophilisé.

La poudre obtenue sera pesée et conservée à l'abri de la lumière dans des flacons en verre sombre.

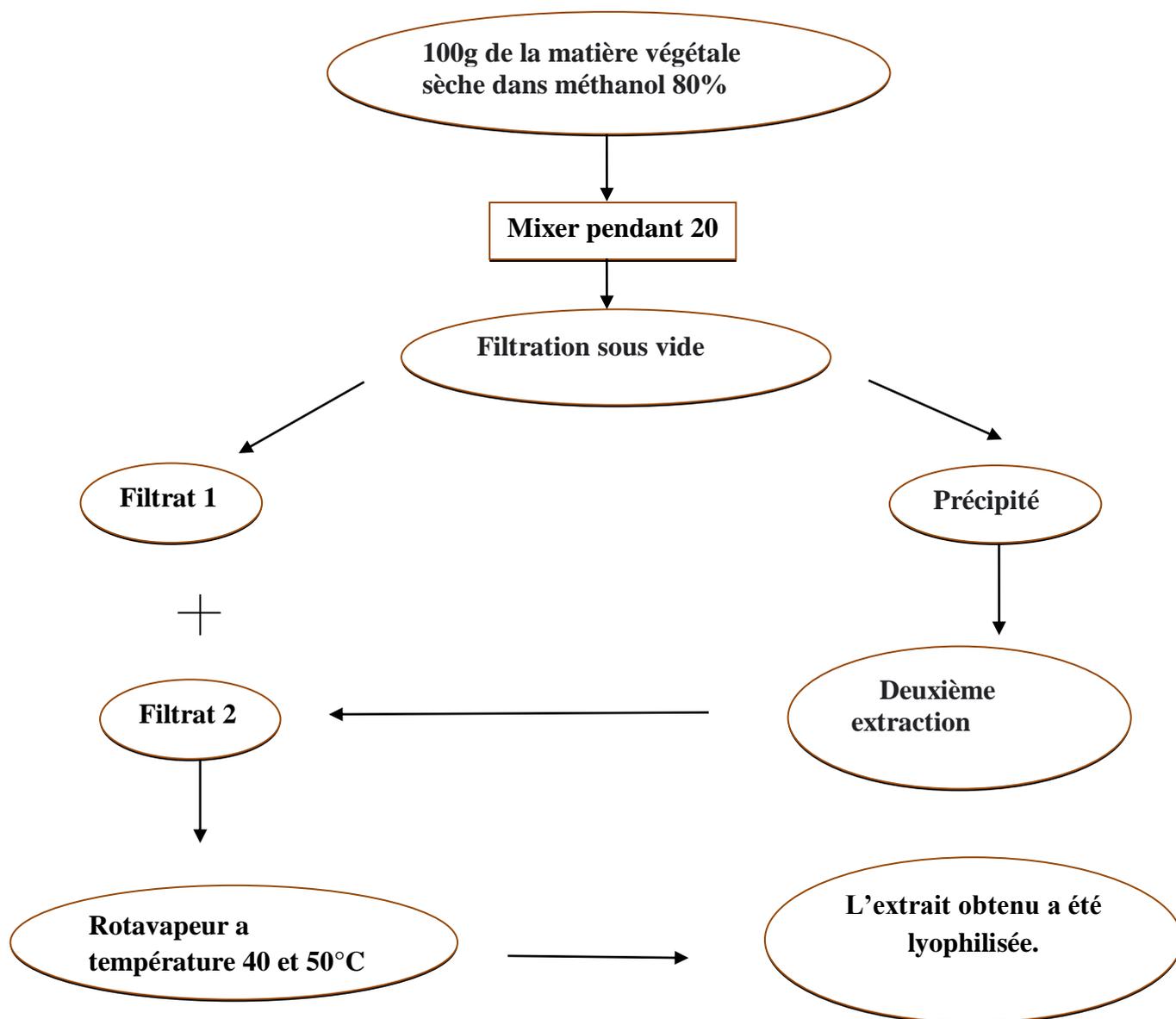


Figure 9: Protocole d'extraction des composés phénoliques

II.2. Rendement d'extraction

Le rendement de l'extrait des graines de *Lepidium sativum* a été déterminé en calculant le rapport suivant :

$$\text{Rdt (\%)} = \text{M/M}_0 \times 100$$

Où :

M : Masse en gramme de l'extrait brut résultante de lyophilisation.

M₀ : Masse en gramme du matériel végétal à traiter (initial).

II. 3. Détermination de la teneur en phénolique totale

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée colorimétriquement avec un spectrophotomètre en utilisant l'essai de Folin-Ciocalteu. Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de folin-ciocalteu. Le mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phospho-molybdique ($\text{H}_3\text{Mo}_{12}\text{O}_{40}\text{P}$) est réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et molybdène (MO_8O_{23}).

La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans l'extrait végétal (**Boizot et al., 2006**).

Un volume de 1 mL de l'extrait hydrométhanolique de la plante a été introduit à l'aide d'une micropipette dans des tubes à essai suivi de l'addition de 5 mL du réactif Folin Ciocalteu (2 mol/L) dilué 10 fois, Après 5 min d'incubation, 4 ml de carbonate de sodium à une concentration de 75 g / L ont été ajoutés et le volume a été ajusté à 10 ml. Le mélange résultant a été incubé à température ambiante pendant 1 h. Les absorbances des échantillons ont été mesurées à 765 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-vis.

Les résultats ont été exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique / g d'extrait lyophilisé.

La même procédure a été utilisée pour réaliser une courbe standard en utilisant de l'acide gallique et une plage de concentration de 0 à 10 µg/ml a été prise. Toutes les expériences ont été réalisées en triple.

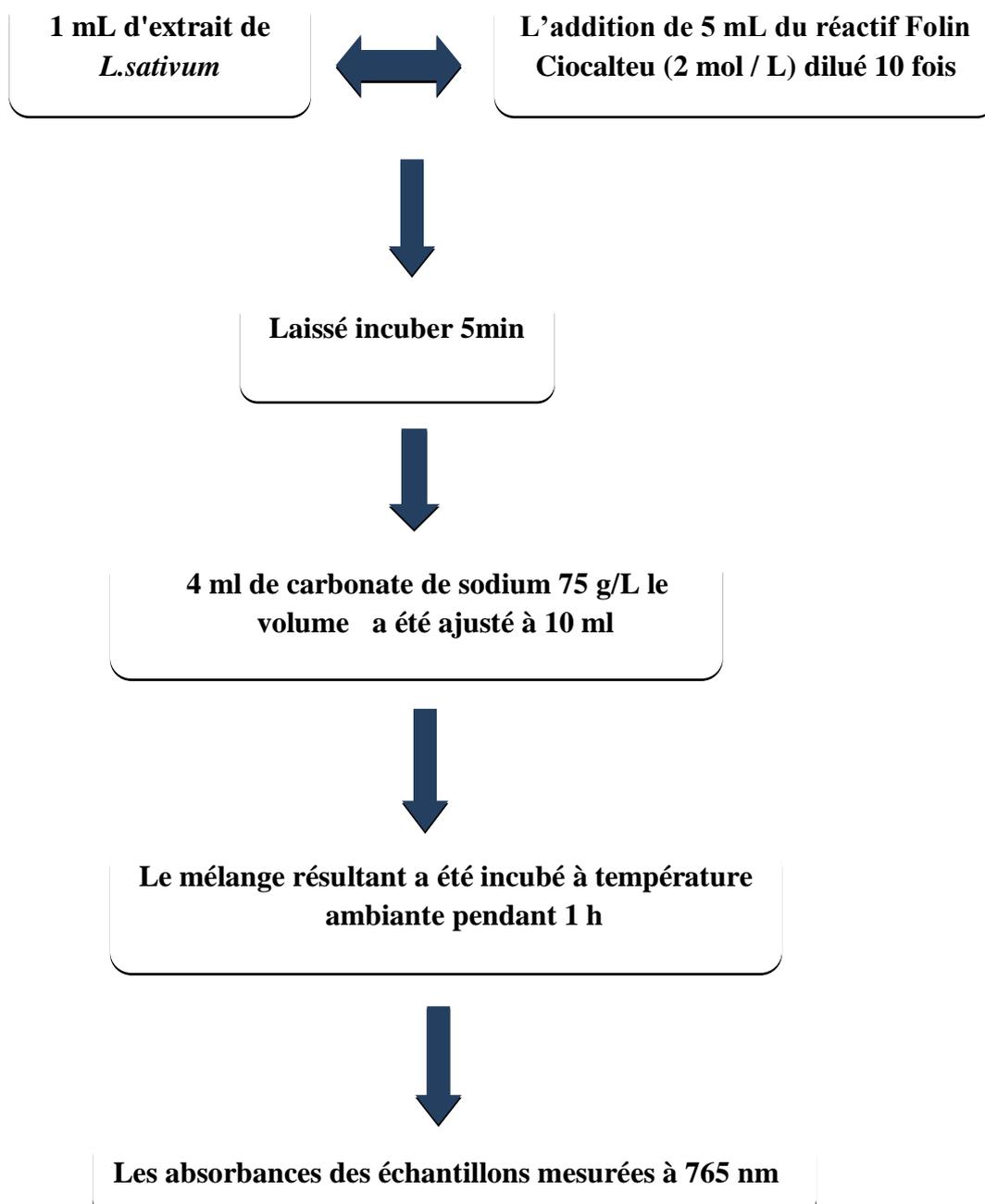


Figure 10 : Protocole du dosage des phénols totaux (Boizot et al.,2006).

II.4. Détermination de la teneur en flavonoïdes

La formation d'un complexe jaunâtre, lors de l'ajout du chlorure d'aluminium, est due à la fixation des ions Al^{3+} sur les atomes d'oxygène, présents sur les carbones 4 et 5 des

flavonoïdes. La quantité de flavonoïdes dans un extrait devrait être déterminée selon le flavonoïde prédominant, cependant la quercétine est largement utilisée comme standard pour la détermination de la teneur des flavonoïdes dans un échantillon (Bahorun *et al.*,1996).

Un volume de AlCl_3 solution méthanolique 0,5 ml(2%) a été mélangée avec 0,5 mlune solution d'extrait hydrométhanolique (0,1 mg/ml). Après 10 min d'incubation, les densités optiques ont été enregistrées à 430 nmPour la quantification des flavonoïdes, contre un blanc (mélange de 0,5 ml de solution d'extrait hydrométhanolique et 0,5 ml de méthanol) et comparées à la courbe d'étalonnage de la quercitrine (0 à 200 mg/L) (Chang ,2002).

Les données obtenues ont été le moyen de trois déterminations. Les quantités de flavonoïdes dans les extraits végétaux ont été exprimées en mg d'équivalents quercitrine (QE)/g d'extrait lyophilisé.

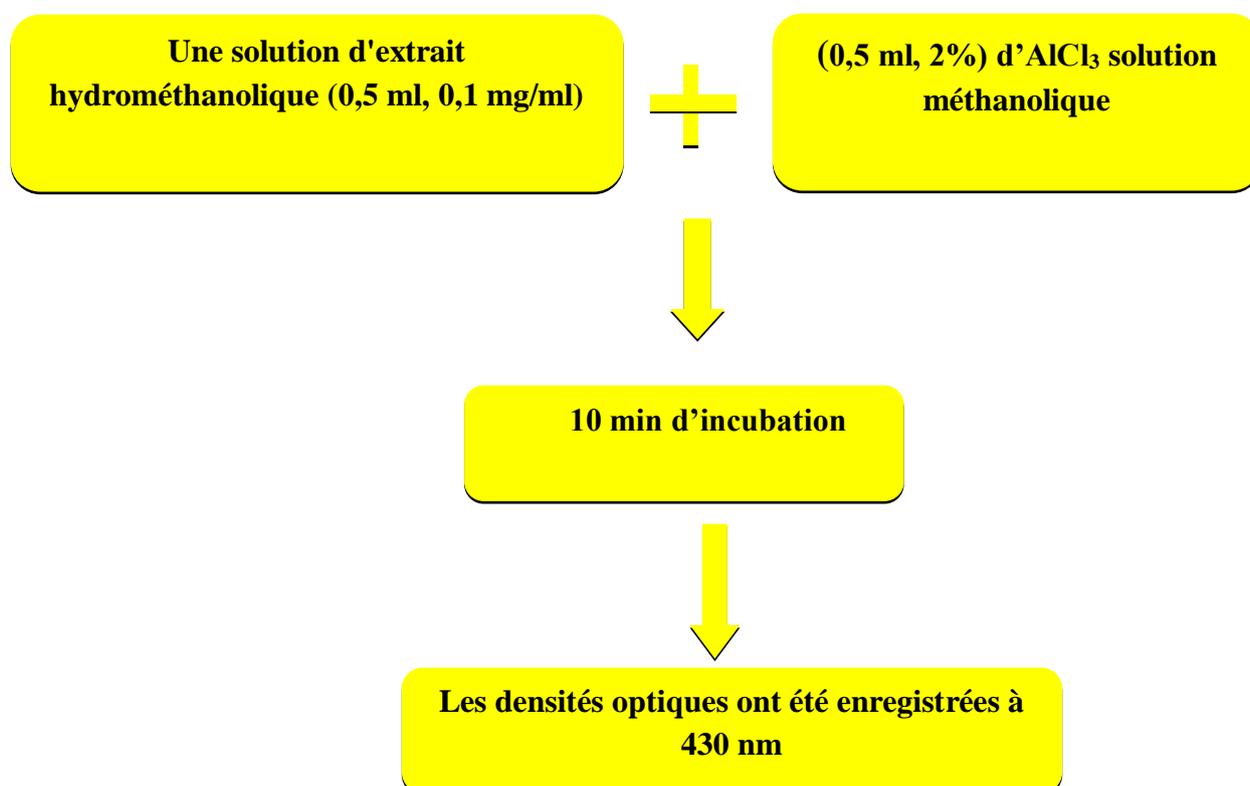


Figure 11 : Protocole du dosage des flavonoïdes(Chang,2002).

II.5. Capacité antioxydant déterminée par le diphenyle-1-picrylhydrazyl

L'activité de piégeage des radicaux d'extraits de plantes contre le radical 1,1 diphényl-2-picrylhydrazyle stable (DPPH) a été déterminée par spectrophotométrie (Zakaria,2008).

Des solutions mères d'extraits bruts ont été préparées à 1 mg/ml dans du méthanol. Cinquante microlitres d'échantillons de concentrations différentes ont été ajoutés à 5 ml d'une solution de méthanol à 0,004% de DPPH. Après 30 min d'incubation dans l'obscurité à température ambiante, La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Vis. L'acide ascorbique est utilisé comme contrôle positif la concentration en extrait qui inhibe 50 % (IC50) du radical DPPH est calculée à partir du graphe de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration d'extrait en utilisant l'équation exponentielle sous la formule suivante:

$$(I \%) = [Abs \text{ contrôle} - Abs \text{ échantillon} / Abs \text{ contrôle}] \times 100$$

(I %) : pourcentage de l'activité antiradicalaire **Abs** échantillon: absorbance de l'échantillon

Abs Contrôle: absorbance du contrôle négatif

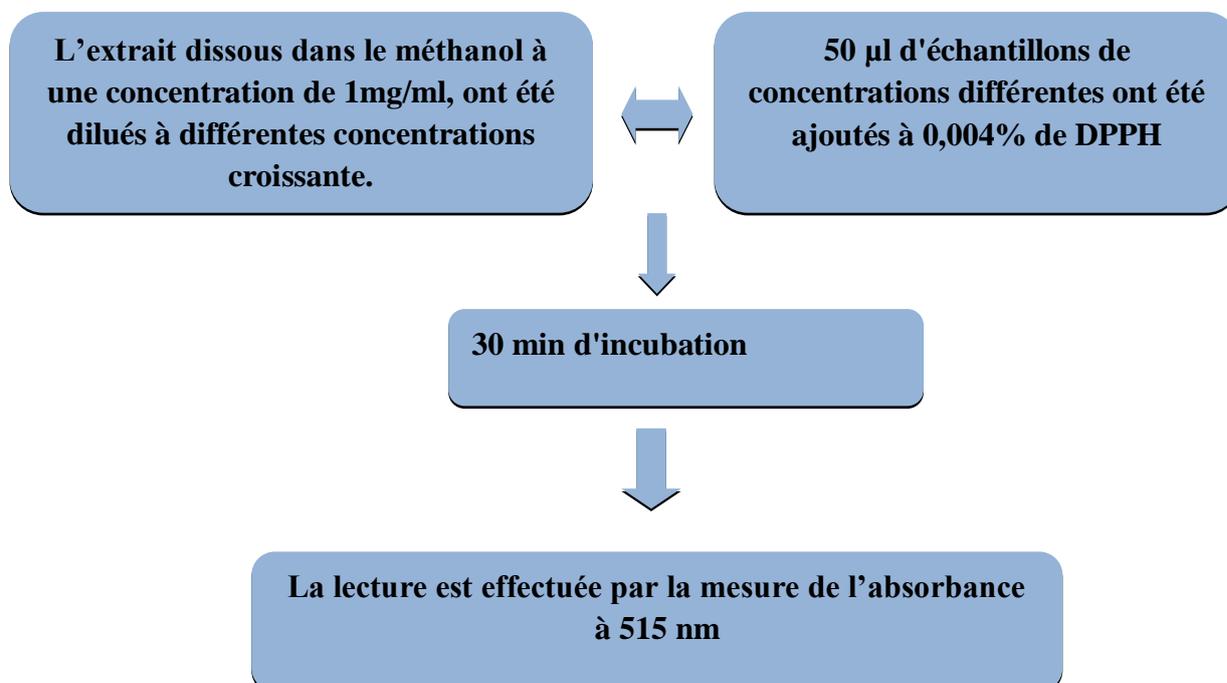


Figure12 : Protocole de dosage de DPPH(Zakaria,2008).

II.6. Capacité antioxydante déterminée par le dosage des cations radicaux ABTS

Le cation radical ABTS a été généré en faisant réagir 7 mmol/L de solution mère d'ABTS avec 2,45 mmol/L de solution de persulfate de potassium. Le mélange réactionnel est mis en incubation, à l'obscurité, pendant 16 h à température ambiante, avant utilisation. Avant le dosage. La solution fille de travail d'ABTS⁺ est obtenue en diluant la solution mère d'ABTS⁺ avec du méthanol jusqu'à obtention d'une absorbance d'environ 1 à 734 nm (Huang,2011).

Une aliquote (50 µL) de chaque échantillon à différentes concentrations (0,2,0,4, 0,6, 0,8 mg/mL) a été ajoutée à 5 mL de solution ABTS⁺ diluée. Après 10 min, l'absorbance a été mesurée à 734 nm. L'inhibition du cation radical ABTS en pourcentage a été calculée par la formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = [\text{Ac} - (\text{AS} - \text{AB})] / \text{AC}$$

Où :

AC : l'absorbance du contrôle

AS : l'absorbance de l'échantillon

AB : l'absorbance du blanc.

L'éthanol (5 ml) plus chaque solution échantillon (50 µl) a été utilisé comme blanc. Une solution d'ABTS⁺ (5 ml) plus de l'éthanol (50 µL) a été utilisée comme témoin négatif. De plus, une solution de Trolox (aux concentrations de 100, 80, 60, 40, 20, 0 µg/mL) a été utilisée comme contrôle positif. Toutes les mesures ont été répétées en triple.

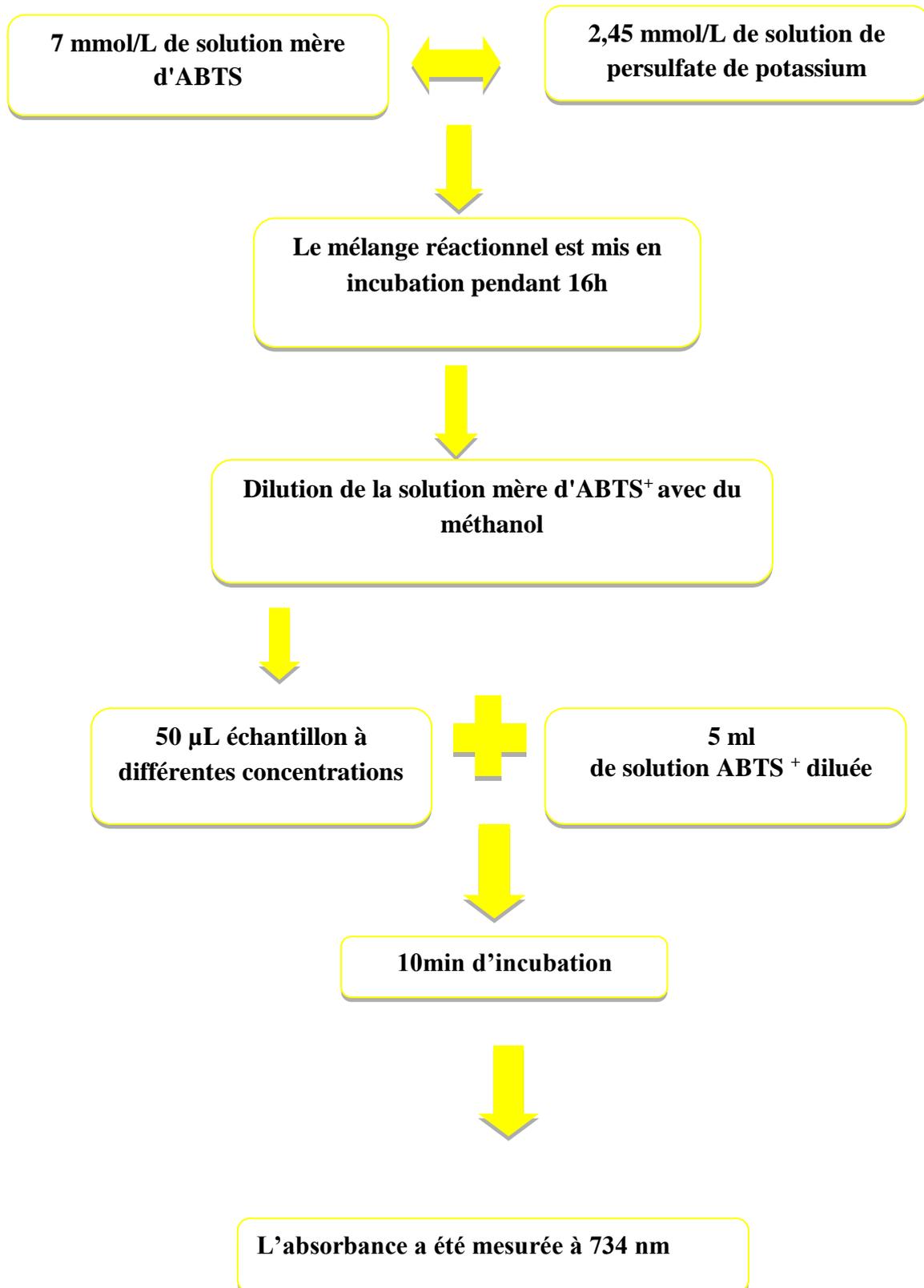


Figure 13 : Protocole de dosage d'ABTS (Huang,2011).

II.7. Capacité antioxydante déterminée par le pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP)

Le pouvoir réducteur du fer (Fe^{3+}) dans l'extrait est déterminé selon la méthode décrite par **Oyaiz (1986) (bougandoura et bendimerad, 2012)**.

La méthode de la réduction du fer est basée sur la réduction de fer ferrique en sel de fer par les antioxydants qui donnent la couleur bleu (**Boxin et al., 2001**).

Le test FRAP a été réalisé selon Benzie et Strain avec quelques modifications (**Benzie, 1996**). Dans un premier temps, 300 mmol/L de tampon acétate (3,1g $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) et 16 mL $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ à pH = 3,6 est préparée. Le réactif TPTZ à 10mM, dilué dans de l'HCl à 40 mM, est préparé extemporanément. Le deuxième réactif FeCl_3 à 20 mM est également préparé extemporanément.

Finalement, la solution de travail FRAP est réalisée en mélangeant les trois solutions 25 ml de tampon acétate, 2,5 ml de solution TPTZ et 2,5 ml de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Cette solution doit être impérativement conservée dans un bain à 37°C.

Le test consiste à mélanger, dans des tubes à hémolyse en verre, (0,3 ml) d'échantillon à différentes concentrations (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 mg/ml) a été laissée à réagir avec 9 ml de la solution de FRAP et 300 μl d'eau distillée. L'absorbance est mesurée à 595 nm après avoir laissé incuber la réaction dans un bain thermostaté à 37 °C à l'obscurité pendant exactement 30 minutes. La droite d'étalonnage est établie à partir des absorbances lues pour la gamme de solutions de sulfate ferreux heptahydraté utilisée comme composé de référence.

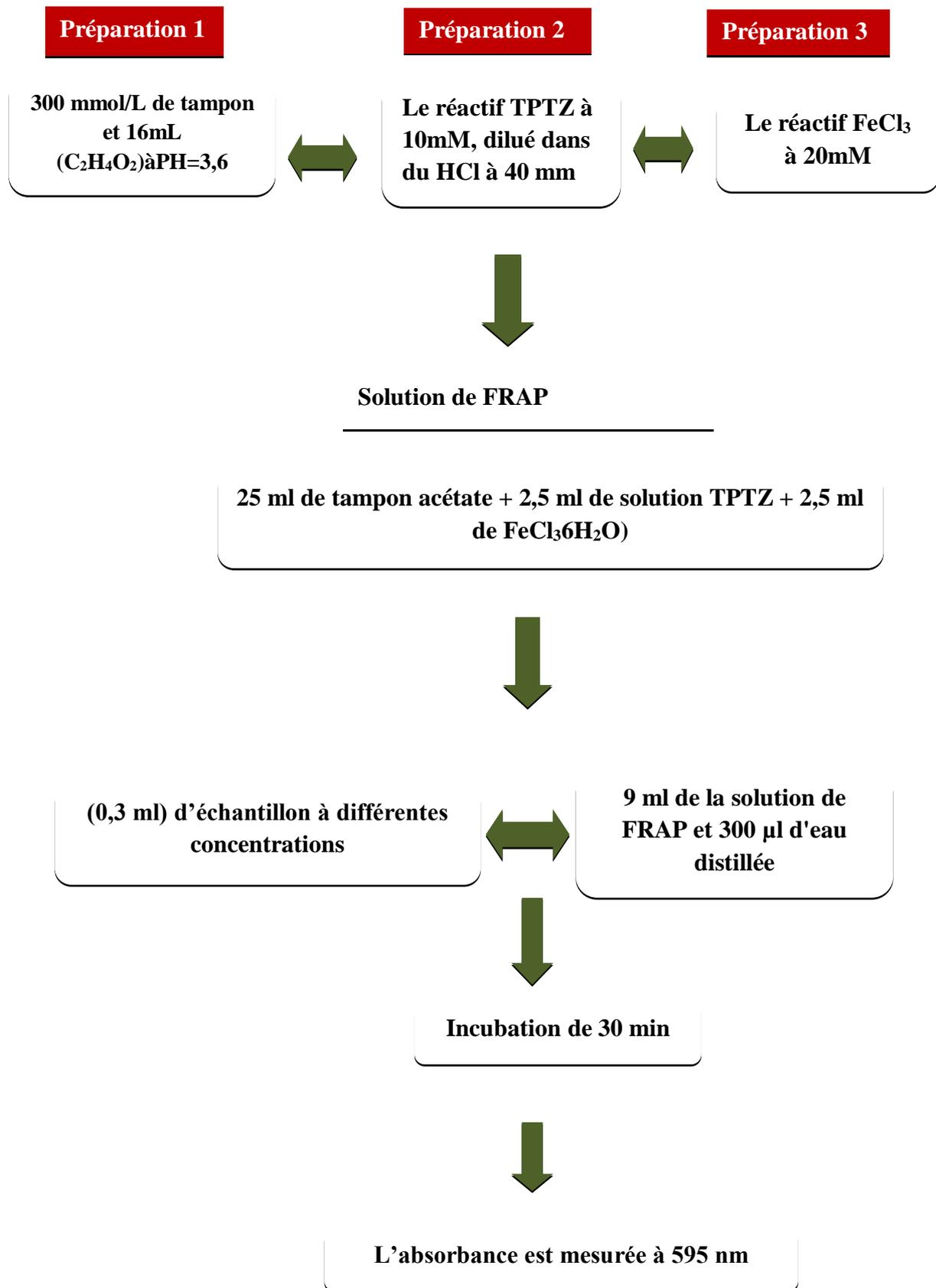


Figure 14 : Protocole de dosage de FRAP (Benzie, 1996).

II.8. Analyses statistiques

Les corrélations ont été établies en utilisant le coefficient de corrélation de Pearson (r) dans les corrélations linéaires bivariées ($P < 0,01$). Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel XL STAT pour Windows.

II.1. Résultats

II.1.1. Rendement en extraits

L'extraction des grains de *L. sativum* a été réalisée par méthanol 80% et par l'eau distillée. Après l'extraction et l'élimination de toute trace de solvant, la poudre obtenue après lyophilisation, de couleur marron foncé a été pesé pour déterminer son rendement.

Les résultats du rendement obtenus (teneur en composés extractibles, TCE) sont présentés dans le (Tab.7).

Tableau 07 : Rendement d'extraction des graines de *L. sativum*

Extrait	Poids sec utilisée (g)	Poids sec obtenus (g)	Rendement (%)
Extrait hydro- méthanolique	300	21	9,5

II.1.2. Teneur de phénols totaux

Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée de **Singleton et Ross (1965)** avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Afin de caractériser l'extrait préparé à partir des graines de *Lepidium sativum*, la quantification des composés phénoliques a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire $y=0,0588x$ et $R^2=0,9985$ réalisé par une solution étalon (l'acide galique) à différentes concentrations (**Tab.7**)

Le résultat obtenu indique que la quantité des composés phénoliques est très élevés de (1111,23±0,22mg EAG /mg d'extrait).

II.1.3. Teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) (**Chang et al., 2002**). Les teneurs sont déterminées à partir de l'équation de la droite de régression des droites d'étalonnages de la quercétine et cela via l'équation linéaire $y=0,53x+0,018$ et $R^2 = 0,99$. La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme équivalent de quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g d'extrait). L'absorbance a été lue dans une longueur d'onde de 430 nm.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en flavonoïdes de l'extrait de *L. sativum* étudié riche en flavonoïdes (118,64±0,24) mg EQ/g d'extrait (**Tab.8**).

Tableau 08 : Les teneurs en phénols totaux et les flavonoïdes de l'extrait méthanolique de *L. sativum*.

Extrait	Teneur en phénols totaux mg EAG/g d'extrait	Teneur en flavonoïdes mg EAG/g d'extrait
Extrait hydrométhanolique	1111,23±0,22	118,64±0,24

Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Ecart type

II.1.4. L'activité antioxydante

II.1.4.1. Test de piégeage du radical libre DPPH

L'activité antioxydant de l'extrait a été évaluée par test DPPH ; dans ce test on utilise l'acide ascorbique comme standard (**Annex.III**) . L'activité antioxydante de l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH*) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 700 nm.

Les résultats des tests d'inhibition de l'absorbance du radical DPPH par l'extrait *Lepidium sativum* montrent que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration (**Fig.15**). L'extrait hydrométhanolique de *Lepidium sativum* a présenté une activité antioxydants importante avec un pourcentage d'inhibition de (99,41±0,24%) a la concentration 0,8 mg/mL par rapport à l'acide ascorbique qui est de (93,18±1,57%) concentration 0,3 mg/mL. le taux d'inhibition du DPPH enregistré en présence de l'extrait de la plante est inférieur à celle de l'acide ascorbique.

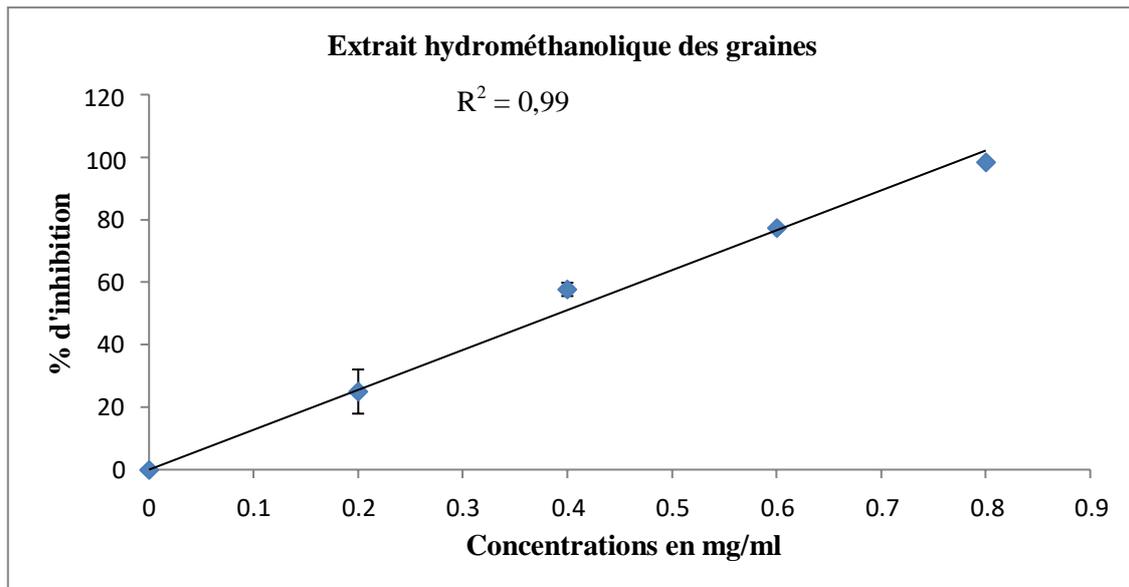


Figure 15 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des Concentrations de l'extrait hydrométhanolique de *Lepidium sativum*.

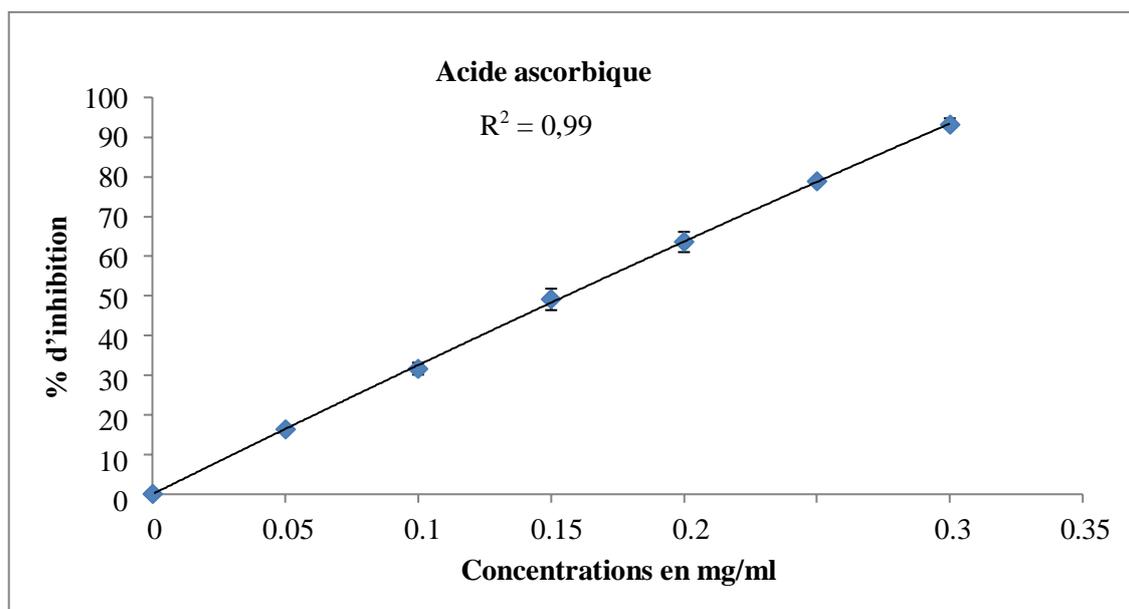


Figure16 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction d'acide ascorbique.

La concentration de l'échantillon à laquelle le pourcentage d'inhibition est à 50% se définit comme IC50. La valeur de l'IC50 est négativement reliée à l'activité antioxydante, plus la valeur d'IC50 est petite plus l'activité antioxydante de l'extrait testé est grande. L'extrait hydrométhanolique de *Lepidium sativum* a présenté une activité antiradicalaire très importante IC50_{DPPH} (0,38±0,005 mg/ml). Et d'autre part cette activité est inférieure à la capacité de piégeage du radical DPPH• de la substance de référence acide ascorbique avec une IC50 (Tab.9) de l'ordre de (0,15±0,005 mg/ml).

Tableau 09 : Concentration d'inhibition d'IC50 de l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* et de l'acide ascorbique vis-à-vis le radical DPPH.

Extrait	IC50 en mg/ml
<i>Lepidium sativum</i>	0,38±0,005
Acide ascorbique	0,15±0,005

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± Ecart type

II.1.4.2. Test de la réduction ABTS

Le radical ABTS⁺ est largement utilisé pour déterminer l'activité antioxydante des extraits de plantes, en contact avec un donneur de H⁺ conduit à la formation de l'ABTS⁺ et à la décoloration de la solution à 734 nm. Une comparaison est faite avec la capacité du Trolox (analogue structural hydrosoluble de la vitamine E) à capturer ABTS⁺. Les résultats des tests d'inhibition de l'absorbance du radical ABTS⁺ par l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* et le standard (Trolox) sont exprimés en pourcentage d'inhibition (Annex.III).

Les résultats obtenus montrent que l'extrait méthanolique a une activité antioxydante très importante. Pour la concentration 0,8 mg/mL, le pourcentage d'inhibition était de (99,3±0,33) %. Par ailleurs, il est à constater que l'extrait méthanolique possède une activité antiradicalaire très élevée avec une IC50_{ABTS} de (0,37±0,005 mg/ml) (Tab.10). Alors que cette activité est inférieure à celle obtenus par le standard utilisé (Trolox) qui est de (0,081±0,001 mg/ml) (Fig.17).

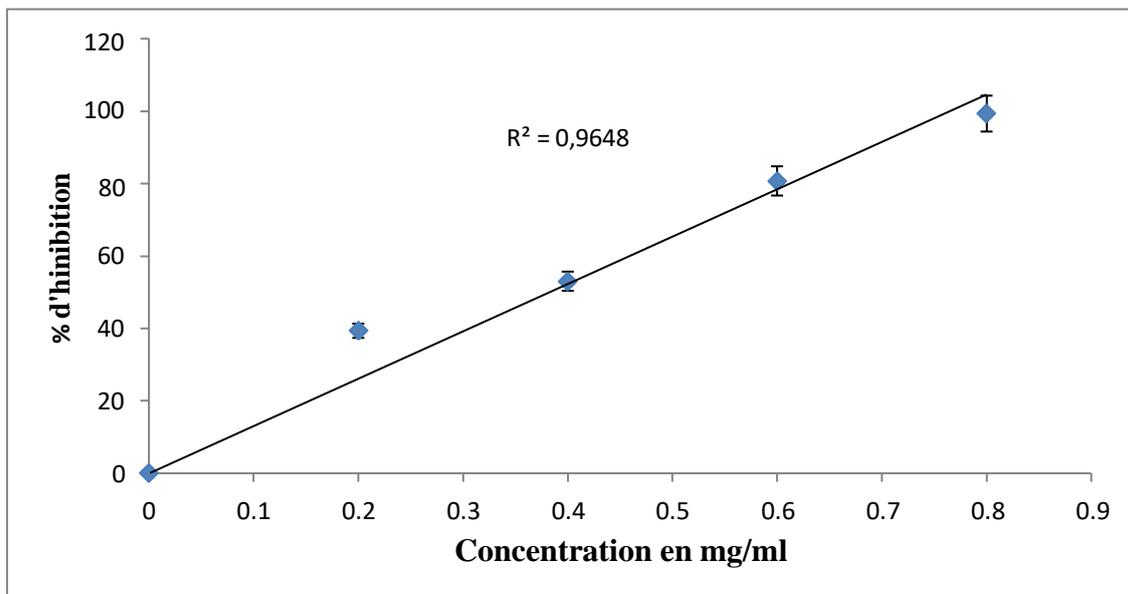


Figure 17 : Pourcentage d'inhibition d'ABTS en fonction des concentrations de l'extrait hydro-méthanolique de *L. sativum*

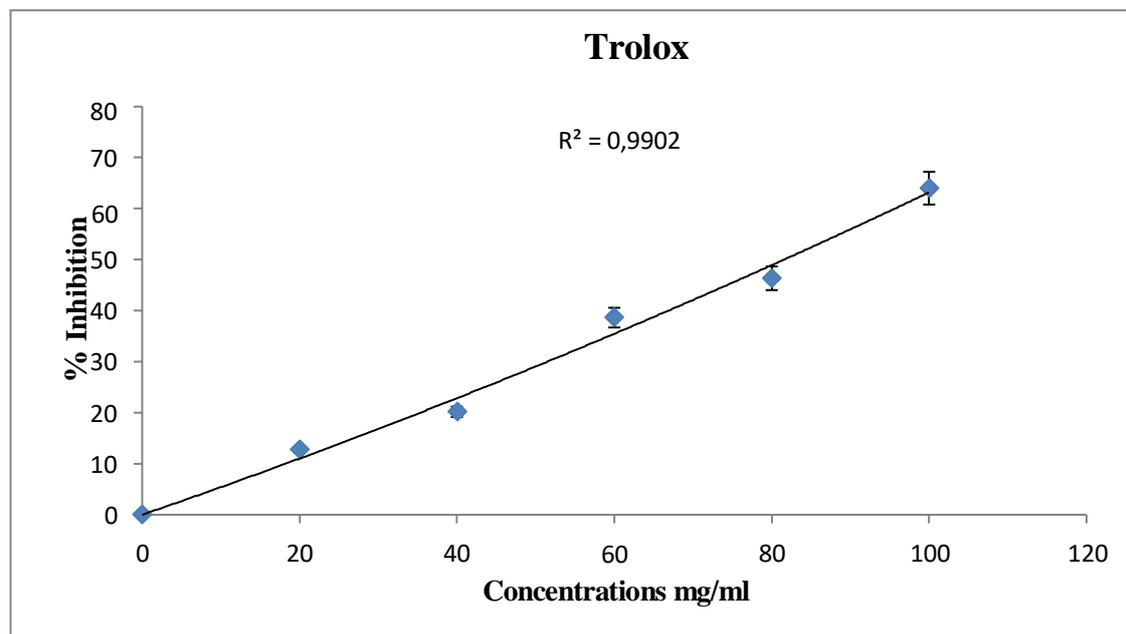


Figure 18 : Pourcentage d'inhibition d'ABTS en fonctions des concentrations de Trolox

Tableau 10 : Concentration d'inhibition d'IC50 de l'extrait méthanolique de *L. sativum* et Trolox vis-à-vis le radical ABTS.

Extrait	IC50
<i>L. sativum</i>	0,37±0,005
Trolox	0,81±0,001

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± Ecart type

II.1.4.3. Test de la réduction du fer (FRAP)

Le pouvoir réducteur est la capacité d'un extrait à donner un électron et à réduire le fer ferrique en fer ferreux. La couleur jaune de la solution de ferricyanure de potassium vire vers une couleur bleue verte dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur de l'extrait. Les valeurs des densités optiques en fonction des différentes concentrations en font possibles de tracer des courbes de l'extrait étudié (**Fig.20**) (**Annex.III**)

Les résultats ont montré que la capacité de réduction est proportionnelle à l'augmentation des concentrations utilisées. Pour l'extrait étudié les résultats obtenus présentaient le grand pouvoir réducteur (**Fig.19**). La meilleure absorbance était de (0,86±0,016) à la concentration 0,8 mg/ml, correspondant à une IC50_{FRAP} de (0,52±0,02 mg/ml). De ce fait, Cet extrait a une activité réductrice supérieure à celui de Heptahydraté du sulfate ferreux (FeSO₄)₇H₂O avec un IC50 de (0,87±0,08 mg/ml) (**Tab.11**).

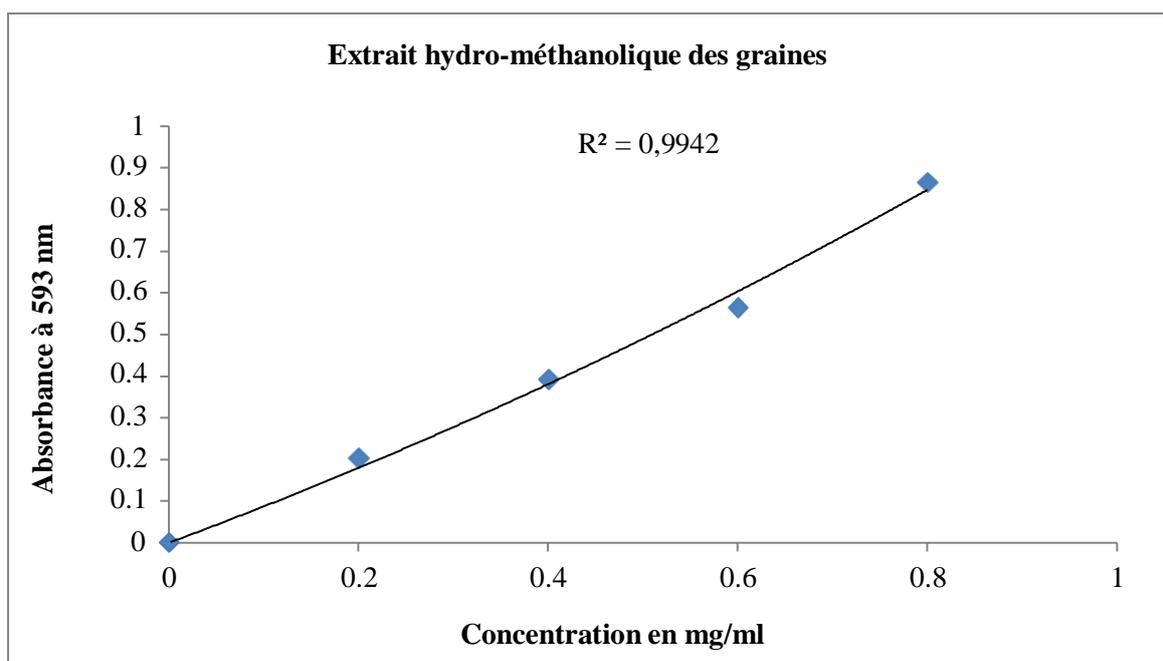


Figure 19 : Absorbance de FRAP en fonction des concentrations de l'extrait hydromethanolique de *L. sativum*.

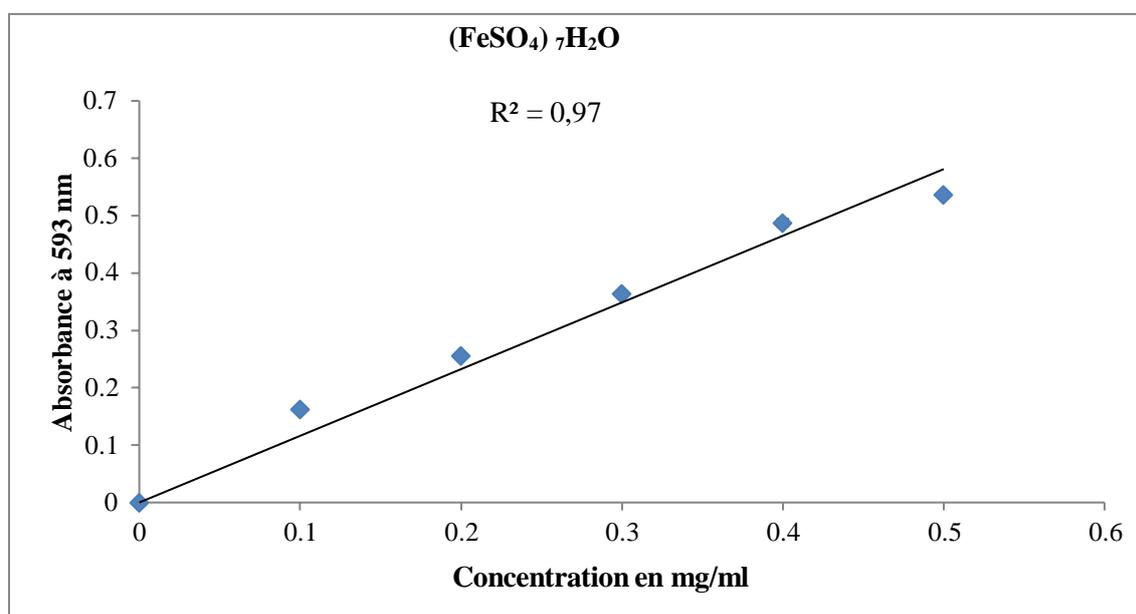


Figure 20 : Absorbance de FRAP en fonction des concentrations de (FeSO₄)₇H₂O

Tableau 11 : Concentration d'inhibition d'IC₅₀ de l'extrait méthanolique de *L. sativum* et de (FeSO₄)₇H₂O vis-à-vis le FRAP.

Extrait	IC ₅₀ en mg/ml
<i>L. sativum</i>	0,52±0,02
(FeSO ₄) ₇ H ₂ O	0,87±0,08

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± Ecart type

Tableau 12 : Concentration d'inhibition IC₅₀ de l'extrait des graines de *L. sativum* Vis-à-vis du DPPH, ABTS et de FRAP.

Extrait	IC ₅₀ (mg/ml)		
	IC ₅₀ _{DPPH}	IC ₅₀ _{ABTS}	IC ₅₀ _{FRAP}
Extrait hydrométhanolique	0,38±0,005	0,37±0,005	0,52±0,02
Acide ascorbique	0,15±0,004		
Trolox		0,08±0,001	
(FeSO ₄) ₇ H ₂ O			0,87±0,08

Les résultats de l'IC₅₀ de DPPH, ABTS et FRAP (**Tab.11**) (0,38±0,005) mg/ml et (0,37±0,005)mg/ml (48,86±0,55) mg/ml respectivement montrent que l'extrait des graines de *L. sativum*. Possède une capacité de piéger des radicaux DPPH, ABTS et FRAP très élevé.

II.1.4.4. Corrélation de DPPH, ABTS et le FRAP

Le coefficient de Pearson est un indice reflétant une relation linéaire entre deux variables continues. Le coefficient de corrélation varie entre -1 et +1, 0 reflétant une relation nulle entre les deux variables, une valeur négative (corrélation négative) signifiant que lorsqu'une des variables augmente, l'autre diminue. Tandis qu'une valeur positive (corrélation positive) indique que les deux variables varient ensemble dans le même sens.

Les résultats obtenus montrent la présence d'une corrélation élevée de l'activité antioxydante (DPPH, ABTS et le FRAP) de l'extrait méthanolique de *L. sativum* (**Tab.13**) avec une corrélation maximale de $r = 0,922$.

Tableau 13 : Les coefficients de corrélation de DPPH, ABTS et FRAP de l'extrait méthanolique de *L. sativum*.

	FRAP	ABTS	DPPH
FRAP	1	-0,932	-0,883
ABTS	-0,932	1	0,922
DPPH	-0,883	0,922	1

Et d'autre part, une forte corrélation a été montrée entre les teneurs en phénols totaux et les flavonoïdes et l'activité antioxydante de l'extrait hydrométhanolique de *L. sativum*. La corrélation la plus élevée est de $r = 0,987$ (Tab.13).

Tableau 14 : Les coefficients de corrélation entre les phénols totaux, les flavonoïdes et l'activité antioxydante (DPPH, ABTS et FRAP) de l'extrait méthanolique de *L. sativum*.

	Flavonoïdes	Phénol totaux	FRAP	ABTS	DPPH
Flavonoïdes	1	1,000	0,987	-1,000	-0,880
Phénol totaux	1,000	1	0,986	-0,999	-0,876
FRAP	0,987	0,986	1	-0,932	-0,883
ABTS	-1,000	-0,999	-0,932	1	0,922
DPPH	-0,880	-0,876	-0,883	0,922	1

Discussion

Lepidium sativum est une plante bien connue en médecine traditionnelle. Il a été découvert récemment que les métabolites secondaires des graines de *Lepidium sativum* ont une puissante capacité antioxydante et antiradicalaire *in vivo* (Kaviarasan et al., 2009) contre le stress oxydatif induit par plusieurs toxines. Cette étude visait à cribler les phytoconstituants; phénols totaux, flavonoïdes de *L. sativum*. Et évaluer l'activité antioxydante de l'extraits hydro-méthanoliques. En effet, leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt dans la prévention et le traitement du cancer, maladies inflammatoires et cardiovasculaires (Varban et al., 2009).

Le rendement de l'extraction hydro-méthanolique (9,5%) est satisfaisant. Plusieurs facteurs qui peuvent influencer les performances de l'extraction, tels que la taille des particules, la nature du solvant, la température, le temps d'extraction et le degré d'agitation. L'utilisation d'un mélange hydroalcoolique comme solvant donne des résultats satisfaisants dans un processus d'extraction (Perva et al., 2006).

De nombreux travaux ont été effectués sur le cresson alénois (*L. sativum*) provenant du Maroc, l'Arabie Saoudite, la Turquie et l'Inde. Les résultats affichent des rendements très variables, Ils sont respectivement de 34,2%, 18%, 5%, 0,78% (Chatoui et al., 2016; Özlem et al., 2010; Wafeka, 2010 et Chundawat et al., 2017). Ces résultats sont supérieurs à celui obtenus. Il a été montré que les solvants hydro alcooliques donnent les meilleurs rendements d'extraction que les solvants alcoolique (Boulekbache et al., 2013; Tan et al., 2013). Les solvants alcooliques sont capables d'augmenter la perméabilité des parois cellulaires en facilitant l'extraction d'un plus grand nombre de molécules polaires, de moyenne et de faible polarité (Seidel, 2005).

L'utilisation d'un solvant hydrométhanolique a permis d'extraire, à partir des graines de *L. sativum* des composés polaires, tels que les polyphénols qui font partie des principaux composants des plantes à activité antioxydante. La teneur est relativement grande dans l'extrait hydro-méthanolique de *L. sativum* de $1111,23 \pm 0,22$ mg GAE/mg. Ce dernier est supérieur à résultats de (Pramod et al., 2012) qui ont trouvé le teneur en phénols totaux $279 \pm 0,02$ mg GAE/mg d'extrait. Le résultat obtenu concorde à celui obtenu par (Iqbal et al., 2011; Jency et al., 2014; Snehal et Manisha, 2014; Chatoui et al., 2016; Roshin et al., 2015). Le réactif du Folin ciocalteu est un réactif non spécifique est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles non seulement celles des composés phénoliques, mais également de certains sucres, protéines et mêmes des acides organiques (Ali et al., 2014). Le dosage des familles et sous-familles de composés phénoliques issus des extraits de *L. sativum* montrent que

l'extrait hydro-méthanolique contient des grandes proportions de flavonoïdes. Les résultats montrent que la teneur en flavonoïdes de l'extrait de *L. sativum* étudié est égale à $(118,64 \pm 0,24)$ mg EQ/g d'extrait.

L'activité antioxydante dans l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* a été évaluée par la méthode du radical DPPH qui est employée pour le criblage des molécules douées d'activité antioxydante des extraits végétaux. Elle est souvent utilisée à cause de sa simplicité, sa grande sensibilité, la rapidité d'analyse de l'activité antioxydante, ainsi que la bonne reproductibilité des résultats (Gulçin et al., 2010). L'efficacité des antioxydants est souvent associée à leur capacité à piéger les radicaux libres stables (Krishnaraju, 2009). Il semble que l'extrait de *L. Sativum* possède des capacités de donneur d'hydrogène pour agir comme antioxydant, avec un IC50DPPH% de l'ordre de $(0,38 \pm 0,005 \text{ mg/ml})$. Selon l'étude de Yadav et al (2011) et Rizwan et al (2015) présentent des valeurs respectives d'IC50 de $18,46 \mu\text{g/ml}$ et $62 \mu\text{g/ml}$. Ces derniers sont confirmés une activité antioxydante supérieure à celle obtenue. Par contre, Malara et al (2014) ont présenté un IC50 de $0,429 \text{ mg/ml}$ avec une capacité antiradicalaire inférieure à celle obtenue. Cette variabilité est due aux impacts des facteurs environnementaux sur la composition chimique de l'extrait ainsi que sur leurs activités biologiques.

Le mécanisme de fonctionnement de la méthode ABTS pour l'évaluation de l'activité antioxydante est le même que celui de la méthode DPPH. Mais, le test ABTS est meilleur que le test DPPH lorsqu'il est appliqué à une variété d'aliments végétaux contenant des composés antioxydants hydrophiles, lipophiles et hautement pigmentés (Floegel et al., 2011). La concentration d'inhibition (IC50ABTS) d'extrait *L. sativum* était de $(0,37 \pm 0,005 \text{ mg/ml})$. Les concentrations élevées des extraits étaient plus efficaces pour éteindre les radicaux libres dans le système (Harsha, 2012).

De plus, l'activité antioxydante d'extraits hydro-méthanolique de *L. sativum* a été appréciée en utilisant la méthode de FRAP. Cette dernière est un essai simple, rapide et reproductible. Il est universel peut être appliqué aussi bien chez les plantes que dans les extraits organiques et aqueux (Li et al., 2008)

La présence de réducteurs comme des substances antioxydantes dans les échantillons provoque une réduction de la forme Fe^{3+} à Fe^{2+} . Par conséquent, la capacité d'un composé à transférer des électrons est un indicateur significatif de son potentiel en tant qu'antioxydant

(Sudha et al., 2011). Les résultats montrent que le pouvoir réducteur de l'extrait hydro-méthanolique de *L. sativum* est important ($IC_{50FRAP}=0,52\pm 0,02\text{mg/ml}$). Cela indique que les composés antioxydants sont des donneurs d'électrons et pourraient réduire l'intermédiaire oxydé des processus de peroxydation lipidique agissant ainsi comme antioxydants primaires et secondaires (Vladimir et al., 2011). En d'autres termes, le pouvoir réducteur de l'espèce *Lepidium sativum* est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (Siddhuraju, 2007)

Le potentiel antioxydant des Polyphénols est désormais muni d'un grand intérêt dû à son effet chimio protecteur contre diverses maladies ainsi qu'à son effet inhibiteur de la peroxydation lipidique (Bubonja-Sonje et al., 2011). Les processus oxydatifs sont très variés et la nature de l'activité antioxydante peut être multiforme et attribuée à différents mécanismes tels que, le piégeage des radicaux libres (effet scavenger), la chélation des ions métalliques de transition (la réduction) et même la prévention de l'initiation d'une chaîne d'oxydation productrice des ROS (Ozen, 2009). Ainsi que la combinaison de plusieurs tests antioxydants complémentaires les uns aux autres est utile afin d'évaluer le potentiel antioxydant des extraits des plantes ou de leurs polyphénols (Ksouri et al., 2009).

Le coefficient de corrélation est indépendant des unités de mesure des variables, ce qui autorise les comparaisons. La mesure est normalisée (Revelle, 2015).

Ces résultats obtenus corroborent aux résultats de Rahmani (2017) de l'extrait méthanolique de *L. sativum* qui montrent une forte corrélation positive $R=0,987$ entre le composé phénolique et l'activité antioxydante. Ainsi que l'étude de Leena et al (2014) qui confirment aussi une corrélation très élevée entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante.

Conclusion

Conclusion

L'utilisation des plantes médicinales en phytothérapie a suscité un grand intérêt dans la recherche biomédicale, une telle thérapie prévient l'apparition des effets secondaires observés lors de l'utilisation des médicaments de synthèse chimique

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude des activités antioxydantes (pouvoir réducteur, activité anti radicalaire) et au dosage des flavonoïdes et les phénols totaux contenus dans les graines de *Lepidium sativum*.

Le rendement de l'extrait obtenu était faible par rapport à l'efficacité des solvants étudiés eau et méthanol.

L'estimation quantitative des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux dans l'extrait analysé montre la richesse de *L. sativum* par ces métabolites.

L'activité antioxydante est étudiée avec la méthode de réduction du radical libre 1,1-diphényl-2-picryl-hydrasyl (DPPH), la méthode de réduction du fer (FRAP) et le radical cation (ABTS). Les résultats du piégeage du radical libre DPPH et scavenger contre le radical ABTS montrent un pouvoir antioxydant puissant de l'extrait méthanolique de *L. sativum*. L'activité antioxydante par la méthode FRAP a également montré que la capacité de réduction est proportionnelle à l'augmentation des concentrations utilisées pour l'extrait étudié. De plus, Les trois tests ont montré que le pouvoir antioxydant est proportionnel à l'augmentation de la concentration de l'extrait. D'après les résultats obtenus, on peut déduire que l'extrait testé de la plante *L. sativum* est pourvue d'une activité antioxydante importante.

Pour la corrélation, les résultats ont révélé la présence de plusieurs corrélations entre divers paramètres, les plus importantes sont entre la teneur en phénols totaux, flavonoïdes de l'extrait hydro-méthanolique et l'activité antiradicalaire DPPH et ABTS ainsi que test FRAP. Aussi, entre les antioxydants et les activités antioxydantes.

L'ensemble de ces résultats obtenus *in vitro* ne constitue qu'une première étape dans l'investigation du pouvoir antioxydant de cette plante ; une étude *in vivo* est souhaitable, pour obtenir une vue plus approfondie sur leurs effets.

Références

Bibliographique

Les références bibliographiques

« A »

Abuelgasim A.I., Nuha H.S., Mohammed, A.H. (2008) Hepatoprotective effect of lepidium sativum Against Carbon Tetrachloride Induced Damage in Rats. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 3: 20-23.

Amarowicz R., Pegg R.B., Rahimi-Moghaddamc P., Barl B., et Weil J.A.(2004) Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *FoodChemistry*. 84, 551–562.

Ali N.A.A., Julish W.D., Kusunick C., Lindesquist U. 2001.Screening of yamani medicinal plant for antibacterial and cytotoxic activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 74:173-179.

Al-yahya M.A., Mossa J.S., Ageel A.M., Rafatullah S. (1994) Pharmacological and Safety Evaluation Studies on *Lepidium sativum* L, Seeds. *Phytomedicine*, 1(2): 155-159.

Andrienne P. Traité de gemmothérapie - La thérapeutique par les bourgeons. Bruxelles: Editions Lamyris; 2011. 381 p.

Aouadhi S., 2010. mémoire Atlas des risques de la phytothérapie.

« B »

Bahorun.T ; Grinier.B ; Trotin.F ; Brunet.G ; Pin.T ; Luncky.M ; vasseur.J ; Cazin.M ; Cazin.C et Pinkas.M, 1996 : Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from Hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations .*Arzneimittel-Forschung*, 46(11):1086-1089.

Baraka-Vidot Jennifer., (2015). Stress oxydant et pathologie diabétique à l'île de LA Réunion-Identification et caractérisation des propriétés structurales et fonctionnelles de l'albumine glyquée, Thèse, université de la Réunion, p35.36.

Belkhir, S., A. Koubaa, et al. (2013). "Seasonal effect on the chemical composition of the of the leaves of *Stipatenacissima* L. and implications for pulp properties." *Industrial crops andproducts* 44: 56-61.

Benzie I.F.F.et Strain J.J. (1996) The ferric reducing ability of plasma as a measure of "antioxidant power" the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239, 70– 76.

Ben Moussa,(2007). PHYTOTHERAPIE MT. 1. Département de pharmacie Batna. Laboratoire de pharmacognosie (3 ème année).

Berlencourt Aude., 2008-2013 _ Huiles essentielles – Aromathéropi Historical review of medicinal plants' 10.4103/0973-7847.95849)

Bigoniya P, CS Singh and A Shukla (2011). Indian Journal of Natural Products and Resources, 2011, 2(4), 464-471.

Boulekbache Makhlouf L, Slimani S, & Madani Kh (2013). Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of Eucalyptus globulus cultivated in Algeria. Industrial crops and products, 41: 85-89.

Bubonja-Sonje M, Giacometti J, & Abram M (2011). Antioxidant and antilisterial activity of olive oil, cocoa and rosemary extract polyphenols. Food chemistry, 127: 1821-1827.

Boussaid I., Boulaiche S., Bouzenir D. 2014. diabète de type 2 et phytothérapie : plantes hypoglycémiantes utilisées par des sujet diabétique. Mémoire de Diplôme de Master, Université Constantine1, 101p.

Boizot N, Charpentier J-P (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le Cahier des Techniques de l'Inra 79 – 82.

« C »

Carillon Alain. Place de la Phytothérapie dans les systèmes de santé au XXIème siècle. Séminaire International sur les Plantes Aromatiques et Médicinales. Djerba, Mars 2009.

C.C, sung. Oxidative stress and nucleic acid oxidation in patients with chronic kidney disease. 2013.

Cao, G. et R. L. Prior (1998). "Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum." Clinical Chemistry 44(6): 1309-1315

Chabrier J-Y. Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie [Internet] [Thèse d'exercice]. [Nancy]: Henri Poincaré; 2010 [cité 20 févr 2018].

Charlot D., Pratique de la pharmacopée chinoise traditionnelle, Editions d. Paris, 1990, p. 472

Chatoui K., Talbaoui A., Aneb M., Bakri B., Harhar H., Tabyaoui M. (2016) Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activity of Lepidium sativum seeds from Morocco. *J Mater Environ Sci*, 7: 2938-2946.

Christen, Y. (2000). Oxidative stress and Alzheimer disease. *The American journal of clinical nutrition*, 71(2), 621-629.

Congo M., 2012. Etude des propriétés antiradicalaire et antiproliférative d'extraits de feuilles et de rameaux de *Salvadora Persica L.* (Salvadoraceae). Thèse de pharmacie. Université d'Ouagadougou Burkina Faso: 42p.

« D »

Diallo, A. (2005). "Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd.(Myrtaceae)." PhD. of the University Bamako, Mali: 38-47.

Dal, Ros. 2013. l'insulinothérapie par voie intrapéritonéale impact sur le stress oxydant et le diabète.

Demoffrats. 07, 2005. Impact physiologique et pathologique du stress oxydant chez le cheval.

Doke S. Guha M. (2014) Garden cress (*Lepidium sativum* L.) Seed - An Important Medicinal Source: A Review. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 4 (1):69-80.

Devoyer J., 2012 _ Stéphane Korsia-Meffre, rédacteur et coordinateur du Guide des plantes qui soignent (éd. Vidal). Publié le 28.09.2012).

Dr Ben Moussa MT., Phytothérapie, Laboratoire de pharmacognosie (3ème année), Département de pharmacie Batna.

Drouet Ludovic. Le 24 janvier 2002. contribution a l'etude du *lepidiummeyerii*(LAMACA), page 4 et 5.

« E »

Eddouks, M Maghrani, NA Zeggwagha, JB Michel (2005). Journal of Ethnopharmacology, 2005, 97, 391–395.

Eddouks, M Maghrani (2008). Phytotherapy Research, 2008, 22, 1–5.

« F »

Falana1, W.Nofall, H.Nakhleh1 (2014). A Review Article *Lepidium Sativum* (Garden cress)1.Pharm-D Program, College Of Nursing, Pharmacy And Health Professions .Birzeit University.Submitted: May 10, 2014.

Favier Alin., (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*,(8): 108-115.

Friedel, G. (1904). Étude sur les groupements cristallins, Société de l'Imprimerie

Floegel A, Kim DO, Chung SJ, Koo SI, Chun OK. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J Food Comp Anal.* 2011;24:1043–1048.

Friedel, G. (1904). Étude sur les groupements cristallins, Société de l'Imprimerie

« G »

Gulcin I, Huyut Z, Elmastas M, & Aboul-Enein H Y (2010). Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian journal of chemistry*, 3 : 43-53.

Guillouty Amandine., (2016). Plantes médicinales et antioxydants, Thèse, Université Toulouse III Paul Sabatier, p 16-18.

Gregory, J., R. J. Stouffer, et al. (2007). "Climate change 2007: the physical science basis".
Grunwald J. Janick C. guide de la phytothérapie. 2éme édition. Italie : marabout ; 2006.

« H »

Hamoudi, R. *Activités biologiques de quelques métabolites secondaires.* 2015.

Harsha SN, Anilakumar KR, Ilaiyaraja N. Biomolecule protective, antioxygenic and anxiolytic properties of Piper betel leaves extract. *Int J Phytomedicine.* 2012;4(2):197–204.

Hartwell J.L. (1982) *Plants Used Against Cancer, A Survey.* Quarterman Publications, Inc. Massachusetts. 165.

Hossain Mohammad B, Justine Lebel, Rares Birsan et Dilip K. Rai., (2018). Enrichment and Assessment of the Contributions of the Major Polyphenols to the Total Antioxidant Activity of Onion Extracts: A Fractionation by Flash Chromatography Approach ,*journal of Antioxydants ; 7 (12): 175.*

Huang MH, Huang SS, Wang BS, Wu CH, Sheu MJ, Hou WC, et al. Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Cardiospermum halicacabum* and its reference compounds *ex vivo* and *in vivo*. *J Ethnopharmacol.* 2011;133:743–750.

« I »

Indumathy.A and Aruna.A, 2013: *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(4), 634- 637.

Iqbal Hussain ; Moneeb Ur Rehman Khattak ; Riaz ullah ; Zia Muhammad ; Naeem Khan ;Farhat Ali Khan ; Zahoor Ullah and Sajjad Haider, 2011 : Phytochemicals screening and antimicrobial activities of selected medicinal plants of Khyberpakhtunkhwa Pakistan *African Journal of Pharmacy and Pharmacology Vol. 5(6), pp. 746-750.*

« J »

J.M, May. 2015. *Vitamin C transport and its role in the central nervous system. Sub-cellular Biochemistry.,*

Jency Malara ; K.Chairmanb ; AnitaR.J.Singhc ; J.ShifaVanmathid ; Yves-Alain Bekro ; J.A.Mamyrbekova Békro ; B.B.Boua, Fézan.H ; TRA BI2 etbJ.Pastre, Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques .*Doctoral dissertation, 2005,p:19,20.16.*

Jortie, S. 2015, *laphytothérapie, une discipline entre passé et futur : de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel, thèse, université Bordeaux 2 p : 21-22.*

Jones WP, & Kinghorn AD (2005). Extraction of plant secondary metabolites. In : *Natural products isolation.* Humana Press (Totowa), pp: 323-411.

« K »

Kadri A, Zarai A, Békir A, et al (2011) Chemical composition and antioxidant activity of *Marrubium vulgare* L. essential oil from Tunisia. *Afr J Biotechnol* 10:3908–14

Karazhiyan H., Razavi S.M.A., Phillips G.O. (2011) Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 25(5): 915- 920.

Ksouri R, Falleh H, Megdiche W, Trabelsi N, Mhamdi B, Chaieb K, Bakrouf A, Magné C, & Abdely C (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and chemical toxicology*, 47 :2083-2091.

Kim Ha, Geon. 06, 2015 .Role of Oxidative Stress in Neurodegenerative Diseases.

Kloos H. (1976) Preliminary Studies of Medicinal Plants and Plant products in Ethiopian markets. *Journal of Ethiopian Pharmaceutical Association*, 2: 18-28.

Krishnaraju AV, Rao CV, Rao TV, Reddy KN, Trimurtular G. In vitro and in vivo antioxidant activity of *Aphanamixis polystachya* bark. *Am J Infect Dis*. 2009;5:60–67

« L »

Lamia 2010 , Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de quelques plantes des familles de labiacées et de cupressacées. **La Rédaction Médisite. 28/12/2018.**

Li H-B. , Wong C-C., et Cheng K-W., Feng C. (2008) Antioxidant properties in vitro and total Phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *Lebensmittel- Wissenschaft and Technology*.41(3), 385–390.

Li HB, Cheng KW, Wong CC, Fan KW, Chen F, & Jiang Y (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102: 771-776.

Locatelli M, Travaglia F, Coisson JD, Martelli A, Stevigny C, & Arlorio M (2010). Total antioxidant activity of hazelnut skin (*Nocciola Piemonte* PGI) : Impact of different roasting conditions. *Food chemistry*, 119: 1647-1655.

« M »

Maier U.H, Gundlach, H., Zenk, M.H. (1998) Seven imidazole alkaloids from *Lepidium sativum*. *Phytochemistry*, 49(6): 1791-1795.

Mali R.G., Mahajan S.G., Mehta A.A. (2007) *Lepidium sativum* (Garden cress): a review of contemporary literature and medicinal properties. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 7(4): 331-335.

Majhenic L, Kerget MS, & Knez Z (2007) Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food chemistry*, 104 :1258–1268.

Michalczyk D., Drozdowicz A., Pintscher S., Plonka P.M. (2011) Mycetoal bloom in a hydroponic culture of garden cress (*Lepidium sativum* L.). *International Journal of Food Microbiology*, 145(1): 336-341.

MohammedI, Z. 2013, étude phytochimique et activité biologiques de quelques plant médicinales de la région nord et sud ouest de l'Algérie, thèse, université de Tlemcen. p22.

Mosca, L., De Marco, C., Visioli, F. et Cannella, C. (2000). Enzymatic assay for the determination of olive oil polyphenol content: assay conditions and validation of the method. *J. Agric. Food Chem.* 48: 297-301.

« N »

Nayak P.S., Upadhyaya S.D., Upadhyaya A. (2009) A HPTLC Densitometer Determination of Sinapic Acid in Chandrasur (*Lepidium sativum*). *Journal of Scientific Research*, 1(1): 121-127.

« O »

OMS (Organisation Mondiale de la Santé), "OMS | Médecine traditionnelle: des textes anciens aux nouveaux médicaments," World Health Organization, 8, 2012.

Ozen T (2009). Investigation of antioxidant properties of *Nasturtium officinale* (Watercress) leaf extracts. *Acta poloniae pharmaceutica-drug research*, 66: 187-193.

« P »

Perva-Uzunalic, A., Skerget, M., Knez, Z., Weinreich, B., Otto, F. et Grunner, S. (2006). Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry* 96(4): 597-605.

Pop, pisoschi et. 2015. *The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress*.

Prajapati V. D., Maheriya P.M., Jani G.K., Patil P.D., Patel B.N. (2014) *Lepidium sativum* Linn: A current addition to the family of mucilage and its applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 65: 72-80.

Prior R L., WU X., Schaich K., 2005. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Agric Food Chem.* (53). 4290-4302.

Rev Med Liege, 2007. Les demandes de tirés à part sont à adresser au Pr. J.P. Chapelle, Service de Biologie clinique., s.l.

« R »

Radwan H.M., El-Missiry M.M., Al-Said W.M., Ismail A.S., Abdel Shafeek K.A. (2007) Investigation of the glucosinolates of *Lepidium sativum* growing in Egypt and their biological activity. *Research Journal of Medicine and Medical Sciences*, 2 (2): 127-132.

Razavi, S. M. A., Farhoosh, R., and Bostan, A. (2007). Functional properties of hydrocolloid extract of some domestic Iranian seeds. Research project grant n. 1475. Iran: Ferdowsi University of Mashhad. Unpublished report.

Rizwan Ahamad ; Mohd Mujeeb ; Firoz Anwar ; Aftab Ahmad, 2015 : Phytochemical analysis and evaluation of anti-oxidant activity of methanolic extract of *Lepidium sativum* L. seeds. *Der Pharmacia Lettre*, 2015, 7 (7) Pp427-434.

Roshin Elizabeth George, Shirly K Thomas, Manesh Kunjumon and Thankamani V (2005) : Analysis of phytoconstituents and in vitro antifungal evaluation of methanolic extract of *Lepidium sativum* Linn. *Int J Pharm Bio Sci* 2015 July; 6(3): (P) 490– 497.

« S »

Sebia ,M ., Boudali ,M.(2012) La phytothérapie entre la confiance et méfiance. Institut de formation paramédical CHETTIA Mémoire professionnel infirmier de la santé publique.

Schultz E., Gmelin R. (1952) Isolation of glycoside of *Lepidium sativum* in the pure state by column chromatography. *Arzneimittelforschung*, 2: 568-569.

Shama I.Y. Adam, 1Shayma A.M. Salih and 2Warda S. Abdelgadir (2011). In vitro Antimicrobial Assessment of *Lepidium sativum* L. Seeds Extracts. *Asian Journal of Medical Sciences* 3(6): 261-266, 2011 Published: December 25, 2011.

Siddhuraju P. et Becker K. (2007) The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*. 101(1), 10-19

SIY Adam, SAM Salih and WS Abdelgadir (2011). *Asian Journal of Medical Sciences*, 2011, 3(6), 261-266.

Spector R., Johanson. The nexus of vitamin, homeostasis and DNA synthesis and modification in mammalian brain. 2014.

Seidel V (2005). Initial and bulk extraction. In: *Natural products isolation*. Humana Press (Totowa), pp: 27-37.

Snehal Doke and Manisha Guha (2014): Garden cress (*Lepidium sativum* L.) Seed – An Important Medicinal Source: A Review, *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 2014, 4 (1):69-80.

Sudha G, Priya MS, Shree RI, Vadivukkarasi S. In vitro free radical scavenging activity of raw pepino fruit (*Solanum muricatum* Aiton) *Int J Curr Pharm Res*. 2011;3(2):137–140.

«V»

Vladimir-Knežević S, Blažeković B, Bival Štefan M, Alegro A, Kószegi T, Petrik J. Antioxidant activities and polyphenolic contents of three selected *Micromeria* species from Croatia. *Molecules*. 2011;16(2):1454–1470.

« W »

Wadhwa, S., Panwar, M. S., Agrawal, A., Saini, N., Patidar, L.N. (2012) A Review On Pharmacognostical Study Of *Lepidium Sativum*. *Advance Research in Pharmaceuticals and Biologicals*, 2 (4): 316-323.

Wikipedia, (2021). Base de données sur les aliments de l'USDA.

« Y »

YC Yadav ; DN Srivastava ; V Saini ; AK Seth ; TK Ghelani ; A Malik ; S Kumar, 2011 : An International Journal of Pharmaceutical Sciences, 2(3), p244-253.

« Z »

Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, S., Calani, L., Mazzeo, T., Rio, D.D., Pellegrini N., Feo V.D. (2012). Compositional Study and Antioxidant Potential of *Ipomoea hederacea* Jacq. And *Lepidium sativum* L. Seeds. *Molecules*, 17(9): 10306-10321.

Zeggwagh, A, Younes Lahlou, Yassin Bousliman 2013 ,enquête sur les aspects toxicologiques de la phytothérapie utilisée par un herboriste a fés , Maroc , the pan fraican Médical Journal P :14 .

Annexe

Annexe I

Tableau01 : Pourcentages d'inhibition de DPPH de l'extrait hydrométhanolique de *L. sativum*

conc(mg/ml)	R1	R2	R3	moyenne	écartype
0	0	0	0	0	0
0,2	95,15	95,32	95,65	95,3733333	0,25423087
0,4	97,24	97,49	97,32	97,35	0,12767145
0,6	98,08	96,66	98,08	97,6066667	0,81983738
0,8	99,24	99,85	99,41	99,5	0,31480152
IC50	0.393	0.390	0.391	0,39133333	0,00212132

Tableau 02 : Pourcentages d'inhibition d'ABTS de l'extrait hydrométhanolique de *L.sativum*

con (mg/ml)	R1	R2	R3	moyenne	écartype
0	0	0	0	0	0
0,2	42,02	43,51	42,77	42,7666667	0,74500559
0,4	69,1	66,76	67,95	67,9366667	1,17005698
0,6	95,97	96,72	96,42	96,37	0,37749172
0,8	98,95	99,7	99,25	99,3	0,37749172
IC 50	0.34	0.35	0.345	0,34533333	0.00450185

Tableau 03 : Pourcentages d'inhibition de FRAP de l'extrait hydrométhanolique de *L.sativum*

con(mg/ml)	R1	R2	R3	moy	écartype
0	0	0	0	0	0
0,2	0,183	0,225	0,204	0,204	0,01714643
0,4	0,304	0,4	0,352	0,352	0,03919184
0,6	0,529	0,6	0,544	0,557666667	0,03055414
0,8	0,834	0,843	0,845	0,840666667	0,00478423
IC 50	43.03	43.52	43.63	43,3933333	0,28570381

Annexe II

Tableau 04 : Densité optique des flavonoïdes de l'extrait hydrométhanolique de *L. sativum*.

Conc(mg/ml)	Répétition 1	Répétition 2	Répétition 3
1	0.591	0.613	0.639

Tableau05 : Densité optique des phénols totaux de l'extrait hydrométhanolique de *L. sativum*.

Conc(mg/ml)	Répétition 1	Répétition 2	Répétition 3
1	0.735	0.663	1.091

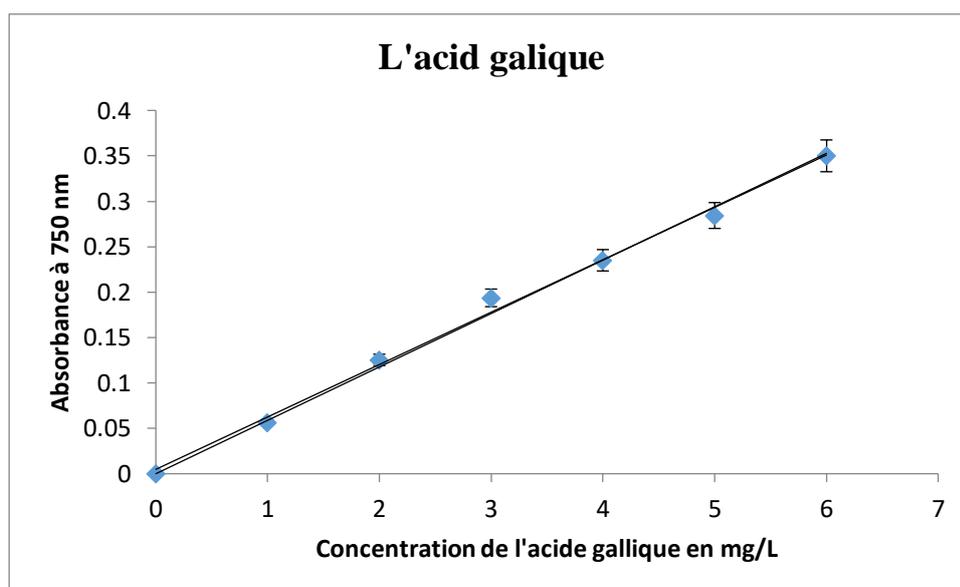


Figure 01 : Absorbances des phénols totaux en fonction des concentrations d'acide galique.

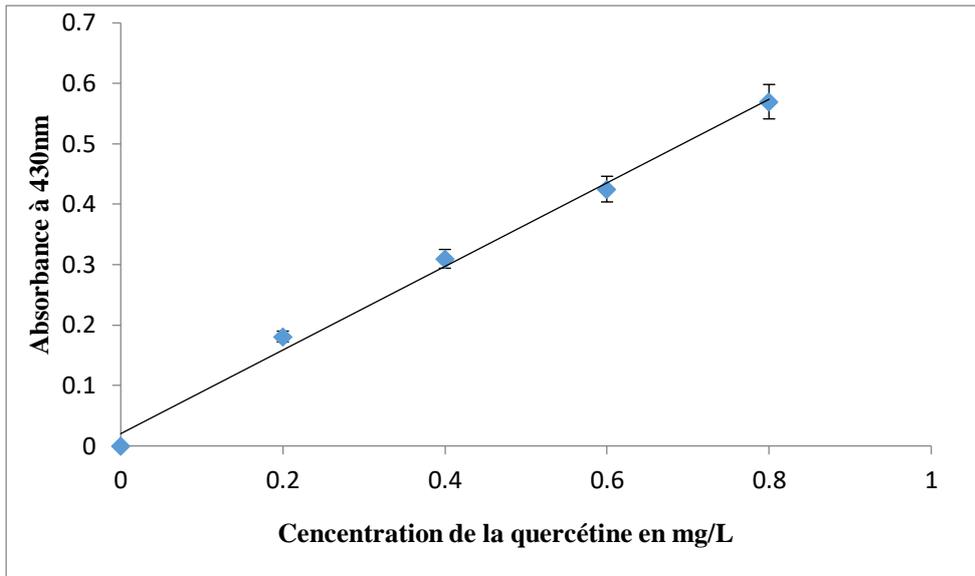


Figure 2 : Absorbances des flavonoïdes en fonction des concentrations de quercétine

Annexe

Tableau 06 : Pourcentage d'inhibition d' ABTS en fonction des concentrations de Trolox.

Conc (mg/ml)	Répétition 1	Répétition 2	Répétition 3	Moyenne	Ecart type
0	0	0	0	0	0
0,02	33,11	31,6	31,77	32,16	0,73978375
0,04	59,69	56,35	58,02	58,02	1,49369341
0,06	86,28	89,46	87,95	87,8966667	1,42273914
0,08	95,98	97,15	96,82	96,65	0,53955537
0,1	99,16	99,33	99,33	99,27333333	0,08778762
IC50	0,43	0,42	0,42	0,42	0,005

Tableau 07 : Pourcentage d'inhibition du FRAP en fonction des concentrations de $(\text{FeSO}_4)_7\text{H}_2\text{O}$.

Conc(mg/mL)	Répétition 1	Répétition 2	Répétition 3	Moyenne	Ecart type
0	0	0	0	0	0
0,1	0,164	0,16	0,163	0,162333333	0,0018619
0,2	0,252	0,255	0,258	0,255	0,00268328
0,3	0,365	0,363	0,361	0,363	0,00178885
0,4	0,495	0,48	0,487	0,487333333	0,00671317
0,5	0,533	0,535	0,54	0,536	0,0032249
0,6	0,695	0,684	0,671	0,683333333	0,01074554
IC50	43,01	43,51	43,59	43,37	0,31432467

Annexe IV

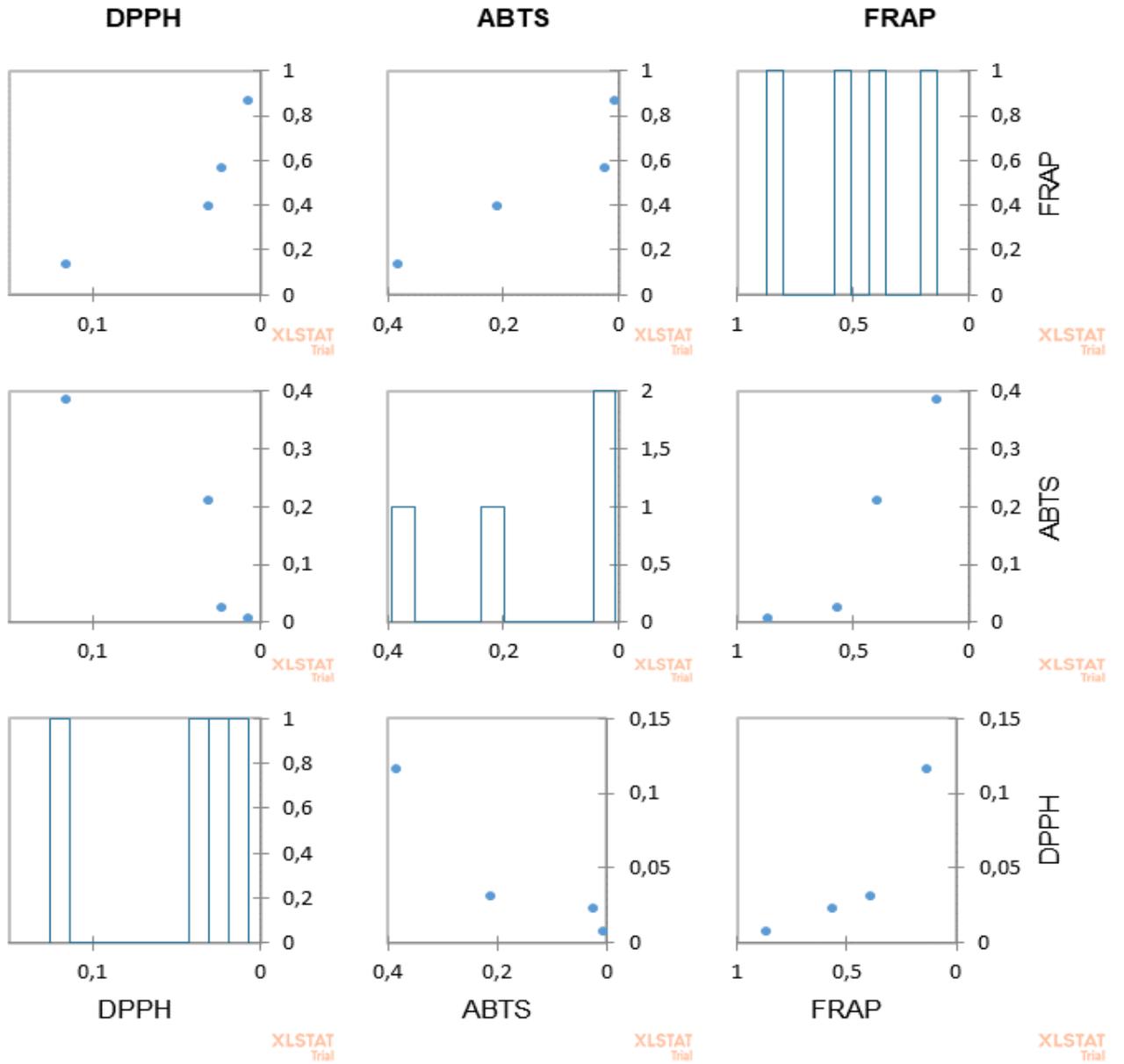


Figure 01 : corrélation de l'activité antioxydante

Annexe

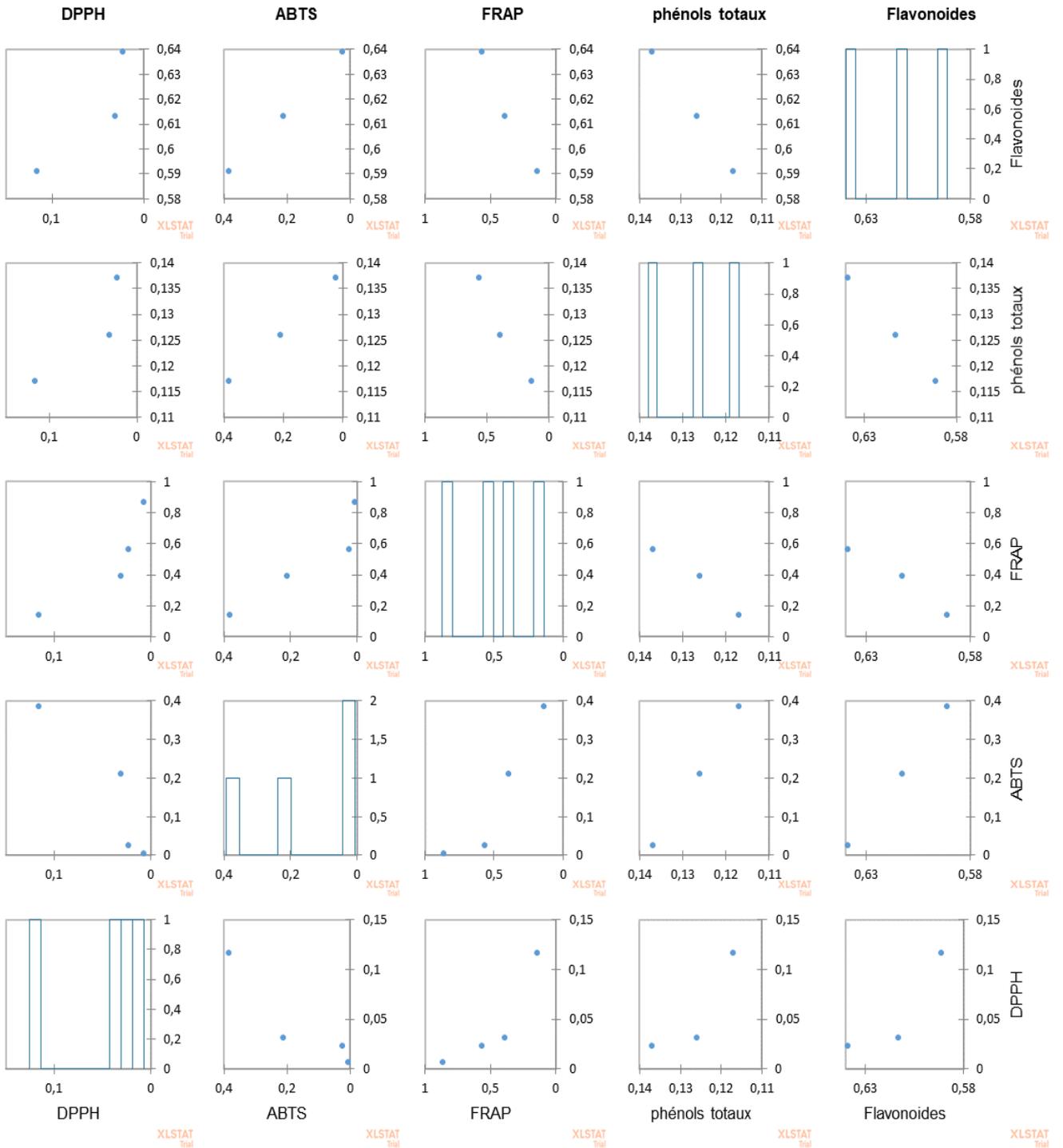


Figure 02 : corrélation entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante