

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

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



Réf :.....

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

MASTER

Thème

*Activité antioxydante des extraits de quelques
graines des fruits*

Présenté par :

BOUHAOUI Katiba et HADJI Ferroudja

Soutenu le : **21 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M^{me} DAHDOUH A

MAA

Présidente

M^{me} ALIOUI-ZEMOURI S

MAA

Promotrice

M^{me} ARKOUB L

MAA

Examinatrice

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Au terme de notre travail nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de le réaliser.

Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre promotrice M^{me} Alioui-Zemouri S, qui nous a fait l'honneur de nous inspirer ce sujet et nous guider tout au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissantes, pour ses conseils, sa disponibilité, et surtout sa patience.

Nous tenons à remercier aussi :

M^{me} DAHDOUH A, de nous avoir honoré de présider le jury et d'évaluer notre travail ; M^{me} ARKOUB L, de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Un grand merci à l'équipe de laboratoire de Biochimie physico-chimique 2 et de laboratoire de Biochimie alimentaire.

Enfin, nous remercions toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents source de mon inspiration qui me sont toujours accompagné durant mon parcours je leurs dis MERCI pour votre soutien encouragement et amour que vous m'avez offert.

A l'homme qui a toujours été à mes côtés qui a su me redonner goût a la vie à celui qui ne m'a jamais privé de son affections qui auprès de lui j'ai trouvé tout, mon très cher futur mari ATMAN

A mon frère Tahar que je respecte beaucoup.

A mes chère sœurs : Souraya, Samia, Chafiaet leurs époux Hamid, Leghehel, Idris, merci pour votre soutien.

A mes nièces : Samia, Yasmine, Alicia.

A mes neveux ; Sofiane, Yanis, Anis .

A mes chères amis : Hayet, Lamia, Fadila, Samira.

Et à toi ma binôme Katiba je te souhaite la réussite dans ta vie professionnel.

QUE DIEU VOUS GARDE

Ferroudja.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents LAYACHI et HOURIA qui n'ont jamais cessé de me témoigner leur affection et de m'apporter leurs soutiens depuis toujours, en témoignage d'affection et de profondes reconnaissances envers eux, et aux quels je ne rendrai jamais assez. Je vous aime.

*À mes chères sœurs Souad, Zoulikha, Nassima et leurs époux,
À ma petite sœur Aya et mes nièces : Chaima, Houda, Hiba, Roua;
mes neveux : Chiheb, Moatez et Ziyed.*

À mes frères Youcef et Lakhder.

À mes chères amies, Hayet, Amel, Sonia, Zina, Kahina, Wissem, et Habiba.

À toutes ma famille, mes proches qui m'ont beaucoup aidé.

À ma très chères grand- mères à qui je souhaite une longue vie.

À toi ma collègue, amie et sœur FERROUDJA, qui m' a toujours soutenu et à qui je souhaite le bonheur et la réussite du monde . À nos 3ans ensemble dont je garde de bon souvenirs.

À vous Nadia et Amira.

... Que DIEU vous protège...

Je le dédie également à tous collègues de la promotion, qu'ils trouvent ici mon respect le plus profond.

KATIBA.

Liste des abréviations

ABTS: L'acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique).

ADN: Acide désoxyribonucléique.

AlCl₃: trichlorure d'aluminium

ANOVA: Analysis Of Variance.

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

DSA : Directions des Services Agricoles.

EAA: Equivalent en Acide Ascorbique.

EAG: Equivalent en Acide Gallique.

EAU: Extraction Assistée aux Ultrasons.

EC3G: Equivalent en Cyanidine-3-Glycosylée.

ERO: Espèces Réactives de l'Oxygène.

EQ: Equivalent en Quercitine.

FAO: Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation de l'agriculture).

Fe²⁺ : Fer ferreux.

Fe³⁺ : Fer ferrique.

FeCl₃: Chlorure ferrique.

GSH: Glutathion.

GPx: glutathion peroxydase.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée.

HOCL : Acide hypochlorique.

K₂S₂O₈ : Persulfate de potassium.

MS: Matière Sèche.

NADPH: Nicotinamide-Adenine-dinucleotide-Phosphate.

Na₂CO₃: Carbonates de sodium.

NO: Monoxyde d'azote.

NO₂: Dioxyde d'azote.

N₂O₃: Trioxyde d'azote.

NO₂⁻: Ion nitrate.

O₂⁻: Radical superoxyde.

¹O₂: L'oxygène singulet

OH: Radical hydroxyle.

8-OH-dG: 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine.

ONOO⁻: Le peroxydinitrite.

RO₂⁻: Radical peroxyde.

RO: Radical alkoxyde.

RO₂H: Radical hydroperoxyde.

SOD: Superoxyde dismutase.

TCA : Acide trichloracétique.

UV: Ultra violet.

Liste des figures

Figure 1: Origine des différentes espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie.	7
Figure 2: Aperçu des différentes espèces réactives de l'oxygénées(ERO) et des antioxydants régulateurs de leur production.....	10
Figure 3: Dispositif d'extraction assistée aux ultrasons.....	18
Figure 4: Récapitulation des étapes de dosage des composés phénoliques totaux.	18
Figure 5: Récapitulation des étapes de dosage des flavonoïdes.....	19
Figure 6: Récapitulation des étapes de dosage des proanthocyanidines.	20
Figure 7: Récapitulation des étapes d'évaluation du pouvoir réducteur.	21
Figure 8: Récapitulation des étapes d'évaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH).....	22
Figure 9: Récapitulation des étapes d'évaluation de l'activité antiradicalaire ABTS.....	23
Figure 10: Récapitulation des étapes d'évaluation de l'activité antioxydante au phosphomolybdate.	24
Figure 11: Fréquences des ondes sonores et leurs applications.	26
Figure 12: Teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des graines des fruits.....	28
Figure 13: Teneurs en flavonoïdes des extraits des graines des fruits	30
Figure 14: Teneurs en proanthocyanidines des extraits des graines des fruits.....	32
Figure 15: Pouvoir réducteur des extraits des graines des fruits.....	34
Figure 16: Activité antiradicalaire DPPH des extraits des graines des fruits.....	35
Figure 17: Activité antiradicalaire ABTS des extraits des graines des fruits.....	36
Figure 18: Activité antioxydante au phosphomolybdate des extraits des graines des fruits.....	38

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I	Composition chimique des graines de la figue de barbarie.	3
Tableau II	Composition chimique du noyau de datte.	4
Tableau III	La récolte des échantillons.	13
Tableau IV	les caractéristiques morphologiques des échantillons.	15

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Revue bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les graines, stress oxydatif et radicaux libre

I.1. Généralités sur les graines 3

I.1.1. composition chimique de quelques graines 3

I.1.1.a. Graines de caroube 3

I.1.1.b. Graines de la figue de barbarie 3

I.1.1.c. Graines de la pomme 3

I.1.1.d. Graines d'olive 3

I.1.1.e. Graines de datte 4

I.1.2. Composés bioactifs et propriétés thérapeutiques des graines 4

I.2. Stress oxydatif et radicaux libres 6

I.2.1. Stress oxydatif 6

I.2.2. Définition d'un radical libre 6

I.2.2.1. Espèces réactives de l'oxygène (ERO) 6

I.2.2.2. Espèces réactives azotées 8

I.2.3. Mécanismes d'action des espèces réactives oxygénées et le stress oxydant 8

I.2.3.1. Rôle des radicaux libres chez l'homme 9

I.2.4. Principales cibles biologiques des ERO 9

I.2.4.1. Lipides 9

I.2.4.2. Protéines 9

I.2.4.3. Acide désoxyribonucléique ou ADN	9
I.2.5. Antioxydants	10
I.2.6. Défenses antioxydants	10
I.2.6.1. Systèmes antioxydants enzymatiques endogènes	10
I.2.6.2. Systèmes antioxydants non-enzymatiques	11
I.2.6.2.1. Système antioxydants endogènes.....	11
I.2.6.2.2. Système antioxydants exogènes.....	11

Chapitre II: Partie Expérimentale

Chapitre II : Matériels et méthodes

II. Echantillonnages	13
II.1. Récolte des échantillons	13
II.2. Répartition géographique des échantillons	14
II.3. Caractéristiques morphologiques des graines	15
II.4. Préparation des extraits	17
II.4.1. Délipidation par l' Hexane.....	17
II.4.2. Extraction assistée aux ultrasons	17
II.5. Dosage des antioxydants	18
II.5.1. Dosage des composés phénoliques totaux.....	18
II.5.2. Dosage des flavonoïdes	19
II.5.3. Dosage des proanthocyanidines (tannins condensés)	20
II.6. Activité antioxydants	21
II.6.1. Pouvoir réducteur.....	21
II.6.2. Activité antiradicalaire DPPH.....	22

II.6.3. Activité antiradicalaire ABTS.....	23
II.6.4. Activité antioxydante au phosphomolybdate	24
II.7. Analyse statistique.....	25

Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.Dosage des antioxydants	26
III.1.1.Dosages des composés phénoliques totaux	26
III.1.2. Dosage des flavonoïdes	29
III.1.3.Dosage des proanthocyanidines	31
III.2.Activité antioxydante.....	33
III.2.1. Pouvoir réducteur	33
III.2.2.Activité antiradicalaire DPPH.....	34
III.2.3.Activité antiradicalaire ABTS	35
III.2.4.Activité antioxydante au phosphomolybdate	37
Conclusion.....	39
Références bibliographiques	41
Annexes	

Les fruits sont intégrés dans l'alimentation humaine quotidienne depuis toujours. Ayant des couleurs, des goûts et des arômes très attirants, ils constituent un des éléments essentiels du régime alimentaire. Frais ou sous forme de produits transformés (Grigoraş, 2012).

Les graines sont considérées comme un déchet et la valorisation des sous-produits organiques dans différent domaine (agroalimentaire, cosmétique,...etc.) a attiré l'intérêt de beaucoup de chercheurs pour deux principaux buts: protection de l'environnement et exploitation économique. Elles renferment divers composés phytochimiques tels que les métabolites secondaires qui pourrait justifier leur exploitation comme antioxydant naturel (El Nemr *et al* .2007).

Au travers des temps, l'homme a subvenir ses besoins de base tel que, nourriture, abris, vêtements et aussi ses besoins médicaux dans la nature (Svoboda et Svoboda. 2000). Les principes actifs des plantes médicinales sont souvent liés aux produits des métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs, anti-inflammatoires, antimicrobien, antiseptiques, diurétiques, mais essentiellement antioxydant (Bourgaud *et al* .2001).

Le stress oxydant est l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des espèces réactive de l'oxygène suite à un déséquilibre de la balance antioxydant et pro-oxydant, lié soit à un déficit en antioxydant, soit à une surproduction des radicaux libres (Favier, 2003).

Les radicaux libres sont utiles pour l'organisme à des dose raisonnable, mais lorsque ils sont en excès peuvent oxyder les lipoprotéines et initier des processus de peroxydation lipidique au sein de la membrane cellulaire en s'attaquant aux acides gras polyinsaturés, inactiver des protéines, induire des cassures au sein de l'acide désoxyribonucléique (ADN) avec, comme conséquence, une altération du message génétique et dégrader les sucres (Pincemail, 1998).

Un antioxydant peut être défini comme toute substance qui est capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats. Les antioxydants cellulaires sont enzymatiques et non-enzymatiques (Comhair, 2002).

Les composés phénoliques, ou polyphénols, constituent une famille de molécules organiques largement présentes dans le règne végétal. Ce sont des métabolites secondaires produits par les plantes pour interagir avec les autres végétaux et les animaux (Bravo, 1998).

L'extraction assistée aux ultrasons est un mode d'extraction de solutés à partir de différentes matrices végétales dans un temps court (Grigoras, 2012). Elle offre de nombreux avantages d'un point de vue du temps d'extraction, de la consommation de solvant, du rendement d'extraction et de la reproductibilité, et cela sans altérer la qualité de l'extrait (Aybastier *et al.* 2013).

La première partie de ce travail est une synthèse bibliographique mettant en accès : une généralité sur les graines (composition chimique de quelques graines, substances bioactives et propriétés thérapeutique) ; stress oxydatif et radicaux libres.

La deuxième partie est une étude expérimentale qui a pour objectif de déterminer l'activité antioxydante des extraits des graines des fruits selon les étapes suivantes :

1. Extraction assistée aux ultrasons des composés phénoliques à partir des graines des fruits (*Ceratonia siliqua*, *Phoenix datylifera L.*, *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis*, *Opuntia ficus indica L.*, *Malus sylvestris*, *Prunus domestica*, *Olea europaea L.*, *Ziziphus jujuba*)
2. Dosage des antioxydants présents dans les extraits (composés phénoliques totaux, flavonoïdes et proanthocyanidines)
3. Mesure de l'activité antioxydante par quatre tests (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire DPPH, activité antiradicalaire ABTS et activité antioxydante au phosphomolybdate).

I. Généralités sur les graines, stress oxydatif et radicaux libres

I.1. Généralités sur les graines

La graine est la structure qui contient et protège l'embryon végétal. Elle est souvent contenue dans un fruit qui permet sa dissémination. Elle prend soin de notre organisme tout en procurant: des lipides, des protéines, des nutriments (vitamines, minéraux, oligoéléments), des fibres. Elles sont ainsi idéales pour faire le plein d'énergie et assurent le bon fonctionnement du système digestif, protègent du diabète et des maladies cardiaques.

I.1.1. Composition chimique de quelques graines

I.1.1.a. Graines de caroube

La composition chimique de la graine a été évaluée et démontre que la graine pauvre en minéraux et en fibres, la pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total (Bouzouita *et al.* 2007).

La graine est constituée principalement d'albumen (42-46%) qui est riche en galactomannanes (β -D-mannose et α -D-galactose), issue de l'endosperme, de cuticule (30-33%) issue de l'enveloppe tégumentaire et de germe (23-25%) de l'embryon (Biner *et al.* 2007).

I.1.1.b. Graines de la figue de barbarie

Tableau I: Composition chimique des graines de la figue de barbarie (Habibi, 2004).

Constituants	Teneur	Constituants	Teneur
Eau	5-6%	Lignine	18%
Huiles	7-8.5%	Protéine	11-12%
Minéraux (cendres)	1.3%	Cellulose	30%

I.1.1.c. Graines de la pomme

La teneur moyenne en huile de graines de pomme est comprise entre 15 et 22%, mais peut atteindre 29,4%. La présence d'acides gras insaturés en forte concentration avec des antioxydants naturels ajoutés de la valeur. Les graines sont constituées principalement de graisses, de protéines et d'acides aminés (Chatzimarkou *et al.* 2017).

I.1.1.d. Graines d'olive

Les graines d'olives contiennent une teneur élevée en protéines et en acides gras (Villanueva *et al.* 2018).

I.1.1.e. Graine de datte

Tableau II : Composition chimique du noyau de datte (Dawson et Aten. 1963).

Eléments	Teneur (%)
Eau	6.46-7.7
Huiles	8.49-8.8
Protéines	5.22
Glucides	62.51
Fibres	16.2
Cendres	1.12

I.1.2. Composés bioactifs et propriétés thérapeutiques des graines.

Les graines d'olives ont une teneur élevée en protéines et l'hydrolyse de ces protéines a permis d'obtenir des peptides aux propriétés antioxydant, anti-hypertensive et hypocholestérolémie. Les peptides des graines d'olive ont montré un énorme effet antiprolifératif sur les stades agressifs des cellules cancéreuses de la prostate et cellules cancéreuses du sein (Villanueva *et al.* 2018).

L'oleuropéine et le hydroxytyrosol provenant des graines d'olives ont été montrés un effet protecteur contre les maladies cardio-vasculaires, diabète et troubles métaboliques. L'oleuropéine possède un effet anti-tumoral, qui est liée à sa fonction anti-angiogénique. Il est efficace pour diminuer la prolifération des cellules cancéreuses, en particulier du côlon, du sein et de la peau. D'autres propriétés pharmacologiques de l'oleuropéine sont les activités antimicrobiennes, antivirales et anti-inflammatoires. Cependant, l'hydroxytyrosol possède d'autres effets sur la formation et le maintien de l'os et pourraient être utilisés comme un remède dans le traitement des symptômes de l'ostéoporose (Flores *et al.* 2018).

L'huile de pépins de pomme est un ingrédient de soin naturel très apprécié. La composition de l'huile a été déterminée en termes de profil d'acides gras, teneur en eau, polyphénols et tocophérol. Le résidu de graine contient une fraction riche en polyphénols qui pouvait être extraite par extraction au solvant et utilisée dans d'autres produits.

La phloridzine des graines de pomme fournit une résistance aux pathogènes des plantes. Il est le principal composant phénolique de faible poids moléculaire représentant 60-90% de polyphénols de pépins de pomme (Montañés *et al.* 2018).

La phloridzine a une activité antioxydante où il peut inhiber la peroxydation des lipides. En plus de son activité antioxydante, il a été reconnu comme un agent anti-diabète potentiel pour sa capacité à limiter l'absorption intestinale et rénale du glucose en inhibant les transporteurs de glucose liés au sodium 1 et 2. Les graines de pomme ont montré une meilleure activité antioxydante que les pelures ou la chair (Chatzimarkou *et al.* 2017).

Les substances naturelles issues de **graine de figue de barbarie** ont des intérêts multiples. En effet, la graine est une partie riche en matière grasse, elle peut être exploitée pour l'extraction des huiles à usage alimentaire, pharmaceutique, médical et cosmétique (Fadili, 2000). Elles sont riches en xylènes qui sont utilisées dans différent domaine (l'industrie plastique, de la papeterie, à des applications médicales). Les dérivés alkyles amphiphiles de xylènes possèdent des propriétés émulsifiantes, et sont utilisés dans le domaine agroalimentaire (Habibi, 2004).

Les graines de la figue de barbarie peuvent être utilisées comme source d'huiles comestibles vue leur richesse en acides gras essentiels (Ramadan et Morsel. 2003).

Les graines de jujube, sous forme de poudres, assurent la purification du sang et facilite la digestion. Plusieurs études ont montré d'autres activités (hypnotique, sédative, hypotensive et hypothermique) (Su *et al.* 2002).

Les graines broyées de jujube sont traditionnellement utilisées pour le traitement de nombreuses maladies. Ils sont antipyrétiques, toniques, antiviraux et antimicrobiens (El Hachimi *et al.* 2015).

Le germe de **graines de caroubes** a une teneur en protéines relativement élevée qui pourrait être utilisée comme une source de protéines (Fadel *et al.* 2017). La gomme de caroube extraite à partir de l'albumen des graines, est utilisée dans l'agro-alimentaire comme épaississant connu sous le code normalisé E410, et dans la confiserie (Ndir *et al.* 2000).

Les graines de caroube sont utilisées dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques (Sidina *et al.* 2009).

Une **β -glucosidase** tolérante au glucose provenant de **graines de pruneau** joue un rôle important dans divers processus biologiques fondamentaux y compris la défense contre les agents pathogènes et les herbivores, les β -glucosidases ont attiré l'attention en raison de leurs applications dans la désintoxication alimentaire, la conversion de la biomasse et amélioration de la saveur des vins et des boissons (Chena *et al.* 2012).

I.2. Stress oxydatif et radicaux libres

I.2.1. Stress oxydatif

Le stress oxydatif est défini par la production excessive de molécules prooxydants appelées radicaux libres, ou une insuffisance du mécanisme antioxydants. Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre génération d'espèces réactive de l'oxygène et les défenses antioxydants de l'organisme, en faveur des premiers (Haleng *et al.* 2007).

La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge, car le vieillissement diminue les défenses antioxydants et augmente la production mitochondriale des radicaux libre (Favier, 2003).

I.2.2. Définition d'un radical libre

Un radical libre est une espèce chimique, atome ou molécule, contenant un électron ou plusieurs non apparié. Extrêmement instable, ce composé peut réagir avec les molécules les plus stables pour appairer son électron.

Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable. Cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense. Dans les circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/ prooxydants est en équilibre (Favier, 2003).

Dans des conditions normales elles sont générées en faible quantité et jouent un rôle de messagers secondaires capables notamment de régulier le phénomène de l'apoptose ou d'activer les facteurs de transcription (Haleng *et al.* 2007).

I.2.2.1. Espèces réactives de l'oxygène (ERO)

On distingue alors deux grands groupes de molécules réactives impliquées dans le stress oxydant: les espèces radicalaires et les espèces nonradicalaires (Delattre *et al.* 2005a).

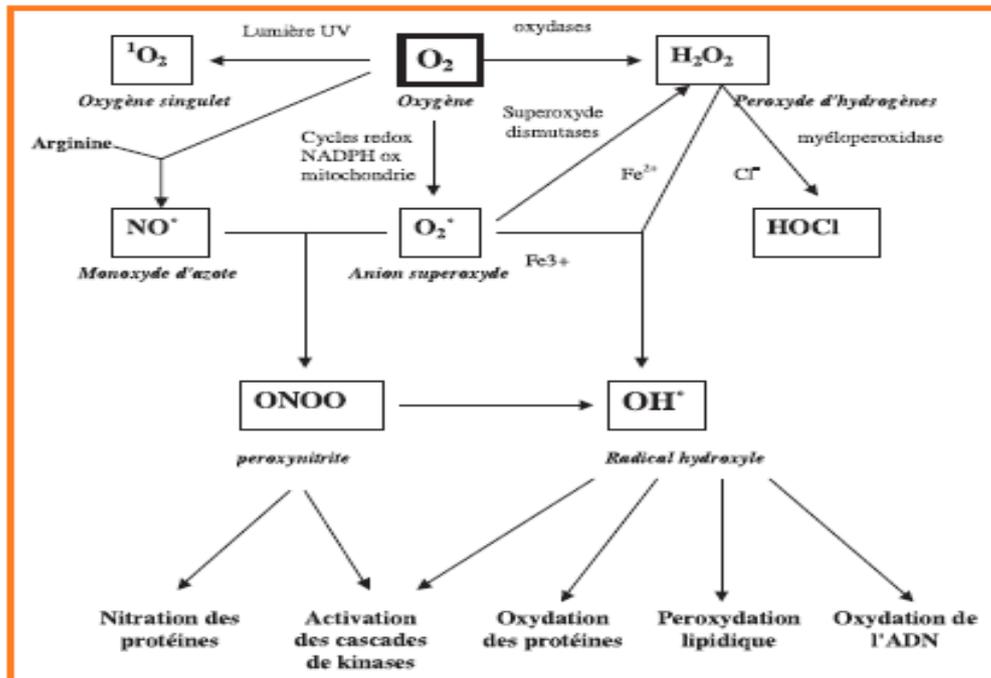


Figure 1: Origine des différentes espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier, 2003).

I.2.2.1.a. Espèces réactives de l'oxygène radicalaires

-L'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$) est le résultat de l'apport d'un électron supplémentaire à la structure initiale de l'oxygène.

-La réduction monoélectronique du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) donne naissance au radical hydroxyle (HO^{\bullet}) et à l'anion basique non radicalaire (OH^-) (réaction de Fenton :

$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow HO^{\bullet} + Fe^{3+} + OH^-$). Le radical hydroxyle joue un rôle majeur dans la peroxydation lipidique et la destruction du matériel génétique (Hennebelle, 2006).

Le radical peroxyde RO_2^{\bullet} est un radical secondaire issu de l'addition de l'oxygène sur le radical R^{\bullet} . Sa réactivité se situe entre l'anion radical superoxyde et le radical hydroxyle.

Le radical secondaire alkoxydes RO^{\bullet} est produit suite à la décomposition de l'hydroperoxyde RO_2H , issu de l'oxydation de substrat RH , par des cations métalliques (Hennebelle, 2006).

I.2.2.1.b. Espèces réactives oxygènes non radicalaires

L'oxygène singulet (1O_2), qui est la forme diamagnétique de l'oxygène, est produit en présence de rayonnement UV ou par les leucocytes.

Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) est toxique, en particulier à cause de sa transformation en radical hydroxyle en présence de cations métalliques Fe^{2+} et Cu^+ , lors de réactions de type « Fenton ».

La myéloperoxydase convertit le peroxyde d'hydrogène en acide hypochlorique (HOCl). A des concentrations physiologiques, ce dernier peut réagir avec les fonctions aminées des protéines pour former des chloramines (Sumaya-Martinez, 2004).

I.2.2.2. Espèces réactives azotées

I.2.2.2.a. Espèces réactives azotées radicalaires

Le monoxyde d'azote (NO^{\bullet}) a pris une place considérable en biologie. Malgré son rôle protecteur vis-à-vis du stress oxydant en limitant la lipoperoxydation et ses effets anti-inflammatoire, il est paradoxalement impliqué dans de nombreuses pathologies (Rezaire, 2012).

I.2.2.2.b. Espèces réactives azotées non radicalaire

Le radicale monoxyde d'azote peut aisément réagir avec la plupart des espèces oxygénées et se transforme en dioxyde d'azote (NO_2) lequel peut donner du trioxyde d'azote (N_2O_3) enfin aboutir à un ion nitrate stable (NO_2^-). De plus, le monoxyde d'azote forme avec l'ion superoxyde le peroxyde d'azote ($ONOO^-$), moins réactif que son précurseur azoté, mais responsable de l'oxydation de nombreuses biomolécules (Rezaire, 2012).

I.2.3. Mécanismes d'action des espèces réactives oxygénées et le stress oxydant

Les ERO sont connues pour jouer un double rôle dans les systèmes biologiques, puisqu'ils peuvent être à la fois nocifs mais aussi bénéfiques, voire indispensables pour les organismes vivants :

- Bénéfiques, lorsqu'ils sont impliqués dans des rôles physiologiques au niveau des réponses cellulaires telles que la lutte contre des agents infectieux et leur fonction dans les systèmes de signalisation cellulaire.
- Nocifs, lorsqu'il y a un déséquilibre entre la balance des ERO et les systèmes de défense, avec comme conséquence l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour la cellule en lien avec l'apparition de nombreuses maladies graves (cancer, artériosclérose, arthrite, maladies neurodégénérative) (Evans et Halliwell. 1999).

I.2.3.1. Rôle des radicaux libres chez l'homme

De nombreux ligands extracellulaires sont capables d'induire la production cellulaire d'ERO, après interaction avec leur récepteur spécifique. Ces ERO contribuent donc à la transduction du signal, mais assurent également l'amplification de ce signal. Par exemple, cela va se traduire par l'activation de la NADPH oxydase qui formera l'anion superoxyde, et contribuera à l'activation de phosphorylases, dont les cibles sont des protéines.

Les mécanismes d'action principaux des ERO sont alors de déclencher ou d'amplifier un signal intracellulaire par deux mécanismes principaux par modification de l'équilibre redox intracellulaire et par modification oxydative des protéines. Les ERO sont également à l'origine de l'action bactéricide par les leucocytes (Delattre *et al.* 2005b).

I.2.4. Principales cibles biologiques des ERO

I.2.4.1. Lipides

Les membranes sont plus particulièrement visées par le radical hydroxyle capable d'arracher un atome d'hydrogène sur les carbones situés entre deux doubles liaisons pour former un radical diène conjugué, oxydé en radical peroxyde. Cette réaction de peroxydation lipidique forme une réaction en chaîne car le radical peroxyde formé se transforme en peroxyde au contact d'un autre acide gras qui forme un nouveau radical diène conjugué. Ainsi un unique événement oxydatif peut altérer de nombreuses molécules lipidiques et induire une accumulation d'hydroperoxydes dans les membranes ce qui réduira leur fluidité ainsi que l'activité des protéines transmembranaires (Valko *et al.* 2006).

I.2.4.2. Protéines

Les acides aminés possèdent des susceptibilités différentes vis-à-vis des ERO. Les plus réactifs sont l'histidine, la proline, le tryptophane, la cystéine et la tyrosine. Toute attaque radicalaire d'un acide aminé provoquera l'oxydation de certains résidus avec, pour conséquences, l'apparition de groupements carbonylés, des clivages de chaînes peptidiques et des ponts bi-tyrosine intra et inter chaînes. La plupart des dommages sont irréparables et peuvent entraîner des modifications fonctionnelles importantes. Certaines protéines oxydées sont peu dégradées et forment des agrégats qui s'accumulent dans les cellules et dans le compartiment extracellulaire (Haleng *et al.* 2007).

I.2.4.3. Acide désoxyribonucléique ou ADN

L'ADN est une cible privilégiée pour les ERO. La guanine, par exemple, peut réagir avec OH pour former la 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine (8-OH-dG) qui, au lieu de s'apparier

avec la cytosine, s'associera avec l'adénine, entraînant des mutations au sein de l'ADN et conduisant à des altérations du message génétique impliquées dans le déclenchement du cancer et le vieillissement (Haleng *et al.* 2007).

I.2.5. Antioxydants

Un antioxydant peut être défini comme toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats. Il doit être soluble dans les lipides, efficace et non toxique, n'entraîne ni coloration, ni d'odeur, ni saveur indésirable, résistant aux processus technologiques, et stable dans le produit final (Estiki et Urooj. 2012).

I.2.6. Défenses antioxydants

Pour se protéger des effets délétères des ERO, l'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydants. L'une est apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes riches en vitamines C, E, caroténoïdes, ubiquinone, flavonoïdes, glutathion ; l'autre est endogène et se compose d'enzymes (superoxydedismutase, catalase et glutathion peroxydase) (Haleng *et al.* 2007).

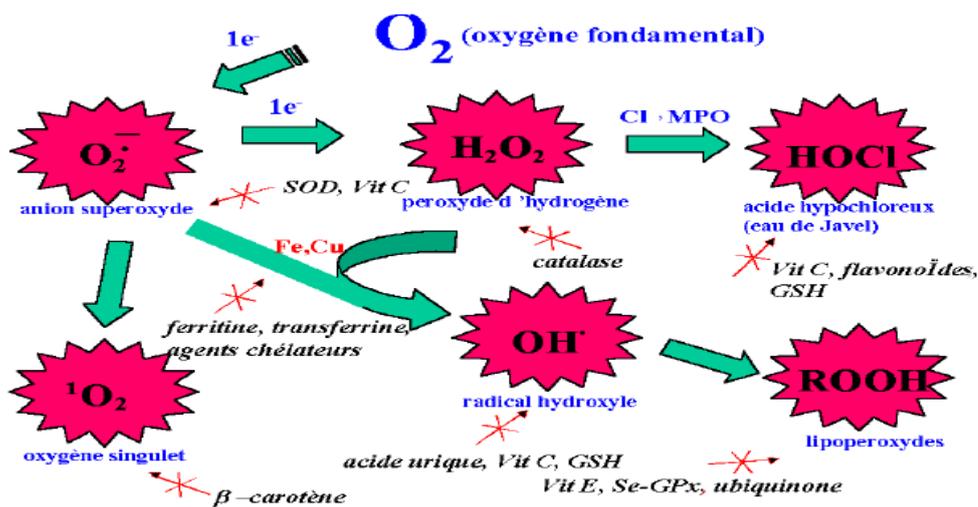


Figure 2: Aperçu des différentes espèces réactives de l'oxygénées (ERO) et des antioxydants régulateurs de leur production (Haleng *et al.* 2007).

I.2.6.1. Systèmes antioxydants enzymatiques endogènes

Les principaux systèmes enzymatiques antioxydants les plus efficaces chez les mammifères ainsi que chez les plantes sont la superoxydedismutase, la catalase et le glutathion peroxydase.

Le rôle majeur du **superoxydedismutase** ou **SOD**, est de catalyser la dismutation des ions superoxyde en peroxyde d'hydrogène et en oxygène moléculaire.

La **catalase**, essentiellement présente dans les peroxysomes et dans les érythrocytes, est capable de transformer le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire.

L'activité du **glutathion peroxydase** ou **GPx**, est de détoxifier le peroxyde d'hydrogène et d'autres hydroperoxydes d'origine lipidique en couplant la réduction de l'hydroperoxyde avec l'oxydation d'un substrat réducteur (Delattre *et al.* 2005c).

I.2.6.2. Systèmes antioxydants non-enzymatiques

I.2.6.2.1. Système antioxydants endogènes

Les systèmes antioxydants non-enzymatiques endogènes incluent de nombreux thiols dont le majoritaire est le **glutathion**, largement présent sous forme réduite, qui est capable de réagir, *in vitro*, avec les radicaux HO[•], RO₂[•], RO[•], ¹O₂, ONOO⁻, des radicaux centrés sur le carbone, mais aussi l'acide hypochloreux HOCl.

Le glutathion est aussi capable de participer à l'activité enzymatique qui, elle, détoxifie le peroxyde d'hydrogène et d'autres hydroperoxydes (McCall et Frei. 1999).

Les deux formes, oxydée et réduite, de l'**acide lipoïque**, un autre composé appartenant aux thiols, présentent des propriétés antioxydantes *in vitro* en piégeant les HO[•], RO₂[•], l'HOCl et l'¹O₂. En se liant à des métaux comme le fer et le cuivre, il permet de les désactiver d'un point de vue catalytique, et il a la capacité de régénérer certains antioxydants endogènes et exogènes (Packer *et al.* 2001).

L'acide urique, présent sous forme urate à pH physiologique, possède des propriétés antioxydantes *in vitro* contre les HO[•] et RO₂[•], tout comme la bilirubine, les mélanines et la mélatonine (Delattre *et al.* 2005c).

I.2.6.2.2. Système antioxydants exogène

I.2.6.2.2.a. Vitamine C

La plupart des mammifères sont capables de synthétiser la vitamine C dans leur foie ou dans leurs reins. Ce n'est pas le cas de l'homme qui doit assurer un apport journalier d'environ 100 mg via une alimentation riche en fruits. La vitamine C est, avant tout, un excellent piègeur des ERO (HO[•] ou O₂^{•-}). Elle inhibe également la peroxydation lipidique en régénérant la vitamine E à partir de la forme radicalaire issue de sa réaction avec des radicaux lipidiques. Ses fonctions sont nombreuses: contribution au bon fonctionnement du système immunitaire, implication dans la synthèse du collagène et des globules rouges ainsi que dans les mécanismes de métabolisation du fer (Haleng *et al.* 2007).

La vitamine C ou acide ascorbique est une molécule hydrosoluble présente dans la plupart des fruits et légumes (non synthétisée par l'Homme). Elle est connue pour son action protectrice contre l'oxydation membranaire (Retsky *et al.* 1999).

I.2.6.2.2.b. Vitamine E

Ce terme désigne un ensemble d'isomères, les tocophérols et les tocotriénols. D'un point de vue biologique, deux isomères sont particulièrement intéressants, l' α - et le γ -tocophérol. Leur caractère hydrophobe leur permet de s'insérer au sein des membranes riches en acides gras polyinsaturés, où ils jouent un rôle protecteur en réagissant avec les radicaux peroxy (ROO^\bullet) pour former un radical tocophéryle, empêchant ainsi la propagation de la peroxydation lipidique (Haleng *et al.* 2007).

I.2.6.2.2.c. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments issus des plantes et microorganismes. L'activité antioxydante de ceux-ci est liée à leur longue chaîne polyénique qui leur permet de réagir avec les radicaux ROO^\bullet , HO^\bullet , O_2^\bullet , R^\bullet par simple addition électrophile et transfert d'électron. Ils permettent, en particulier, de neutraliser l'oxygène singulet (El-Agamey, 2004).

I.2.6.2.2.d. Composés phénoliques

Les composés phénoliques, sont des métabolites secondaires des plantes caractérisés par une structure commune de type 2-phénylbenzopyrane. Leur capacité antioxydants réside dans leur faculté à terminer les chaînes radicalaires par des mécanismes de transfert d'électrons et de protons, et à chélater les ions des métaux de transition capables de catalyser la peroxydation lipidique (Schroeter *et al.* 2002).

Flavonoïdes consistent le groupe le plus important des composés phénolique avec plus de 5000 composés. Ils partagent une structure commune (C6-C3-C6), composé de deux anneaux aromatiques A et B liés par trois atomes de carbones qui forme un hétérocycle (Ghedira, 2005).

Proanthocyanidines ou tannins condensé sont des composés phénoliques présents dans la nature sous forme polymérisé, de masse moléculaires assez élevé entre 500 et 3000 Da (Doat, 1978). Ils sont utilisés depuis l'antiquité par l'homme pour le traitement des peaux d'animaux. Les tannins ont une importance économique et écologique considérable et sont responsable de l'astringence de nombreux fruits et légumes (Sun *et al.* 1998).

II. Echantillonnage

II.1. La récolte des échantillons

Tableau III: la récolte des échantillons.

Echantillons	Récolte
Le figuier de barbarie (<i>Opuntia ficus-indica</i> L)	Les figues de barbarie récoltées en décembre 2017 dans la région de Bejaia (Sidi Aiche).
<i>Le jujubier (Ziziphus jujuba)</i>	proviennent de la région de Kherrata située à la wilaya de Bejaia. En septembre 2017, les fruits et les graines ont été récoltés au stade final de leurs maturités.
Le caroubier (<i>Ceratonia siliqua</i>)	Les fruits et les graines de caroubier ont été récoltés en août 2017 dans la région de M'cisna, seddouk Bejaia
L'olivier (<i>Olea europaea</i> L)	Les fruits et les graines sont récoltés de la région de Kherrata en décembre 2017.
Le pommier (<i>Malus sylvestris</i>) Le mandarinier (<i>Citrus reticulata</i>) Le dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L) Le prunier (<i>Prunus domestica</i>)	Les fruits et les graines sont achetés au marché de souk el fellah de Bejaia.
L'oranger (<i>Citrus sinensis</i>)	Les fruits et les graines d'orange ont été récoltés en février 2018 dans la région de Beni-djellil Bejaia.

Les différentes graines sont séparées des fruits, lavé puis séchées dans l'étuve à 40°C, broyées à l'aide d'un broyeur électrique puis tamisés avec un tamis de 500µm pour obtenir une poudre fine puis la conservée dans des boites stériles à 4°C.

II.2. La répartition géographique**II.2.1. Le figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* L)**

Le figuier de barbarie est un Cactacée originaire des régions arides et semi-arides du Mexique, il a été introduit en Afrique du Nord vers le 16^{ième} siècle. On compte, de nos jours, 1500 espèces de cactus appartenant au genre *Opuntia* ; et sont cultivées dans de nombreux pays, notamment: le Mexique, les États-Unis, la Chine, l'Afrique et l'Italie ainsi que dans d'autres aires géographiques (El kossori *et al.* 1998).

II.2.2. Le jujubier (*Ziziphus jujuba*)

Le jujubier est fréquent dans toute l'Afrique du Nord, le Sahara et l'Afrique de l'Ouest. Ses formes varient avec le sol et le climat (Gast et Chaker. 2004).

II.2.3. Le caroubier (*Ceratonia siliqua*)

Le caroubier est distribué dans toute la région du bassin méditerranéen. On le rencontre actuellement dans les zones allant selon la surface cultivée ; de l'Espagne, Portugal, Grèce en passant par le Maroc, Chypre et l'Algérie (Faostat, 2012). En Algérie, la distribution de caroubier suivant le critère de production, se retrouve dans les wilayas suivantes : Bejaia, Blida Tipaza, Boumerdés, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mila, Mascara, Tizi-Ouzou, B.B. Arreridj (DSA de Tlemcen, 2009).

II.2.4. Le dattier (*Phoenix dactylifera* L)

Généralement les palmiers algériens sont localisés au Nord-Est du Sahara au niveau des oasis. Le palmier dattier est cultivé au niveau de 17 wilayas seulement, pour une superficie de 120830 hectares, cependant 4 wilayas représentent 83,6% du patrimoine national : Biskra 23%, Adrar 22%, El-oued 21% et Ouargla 15% (Anonyme, 2002).

II.2.5. L'olivier (*Olea europaea* L)

Pour les botanistes, l'aire de répartition de l'olivier est synonyme de région méditerranéenne. L'olivier est cultivé depuis très longtemps autour de la méditerranée et de la mer noire surtout en : Espagne, Italie, Grèce, Turquie, France, Tunisie, Algérie et Croatie. Aujourd'hui si l'on trouve des plantations en Californie, Australie, Afrique du Sud. Cette répartition géographique est influencée par des facteurs climatiques et pédologiques (Gaussorgues, 2009).

II.2.6. Le pommier (*Malus sylvestris*)

Le genre *malus* est originaire du Caucase et des bords de la mer capsienne. Dans le monde la pomme étant l'une des quatre plus grandes cultures fruitières avec la banane, le raisin et les agrumes. En Algérie, la superficie occupée par le pommier est presque triplée pendant les 15 dernières années avec une superficie consacrée environ 87248 ha en 2014. *Malus sylvestris* est distribué à travers l'Europe de l'Ouest et de l'Est (Safir et Daoudi, 2015).

II.2.7. Le prunier (*Prunus domestica*)

Les pruneaux, connus depuis la plus haute antiquité. Ce sont les Phéniciens, les Grecs, les Romains et la civilisation arabe qui ont implanté la culture et le séchage du pruneau sur l'ensemble du bassin Méditerranéen (Bourre *et al.* 2007).

II.2.8. L'oranger (*Citrus sinensis*) et le mandarinier (*Citrus reticulata*)

Le genre *Citrus* est originaire des régions tropicales et subtropicales de l'Inde, de la Chine Méridionale, de l'Australie septentrionale et de la Nouvelle-Calédonie (Mannee *et al.* 2005). L'oranger doux et le mandarinier, seraient originaires de l'Asie orientale d'où ils ont été introduits dans la région méditerranéenne après l'an 1800 J.C (Rolli, 1991).

II.3. Les caractéristiques morphologiques des graines

Tableau IV: représente les caractéristiques morphologiques des échantillons.

Echantillon	Photos	Caractéristiques morphologiques
Graines du fruit de la caroube (<i>Ceratonia siliqua</i>)		vu leur uniformité, elles sont appelées 'carats' et ont servi pendant longtemps aux joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, les perles et d'autres pierres précieuses (1 carat = 205,3 mg) (Rejeb, 1995).

<p>Graines de fruit de datte (<i>Phoenix dactylifera</i> L)</p>		<p>La graine a une forme allongée, une proportion et grosseur variable par rapport à la datte entière, elle représente 7 à 30% de la masse de la datte (Djerbi, 1994).</p> <p>Les graines de datte sont composées d'un noyau, ayant une consistance dure, entouré de chair (Belguedj, 2001).</p>
<p>Les graines de fruit de la mandarine (<i>Citrus reticulata</i>)</p>		<p>Les graines sont oblongues, fusiforme, l'embryon est vert pistache (Polese, 2008).</p>
<p>Graines de fruit de la figue de barbarie. (<i>Opuntia ficus indica</i> L)</p>		<p>Les graines de figue de barbarie sont caractérisées par leur dureté due à la présence de fibres dures et de formes plates, plus au moins réniformes ou lenticulaires.</p>
<p>Graine de fruit de la pomme (<i>Malus sylvestris</i>)</p>		<p>Les graines sont l'un des parties précieuses de sous-produits de pommes. Il a été noté que les graines dans certaines variétés peuvent constituer jusqu'à 0,7% de pomme fraîche (Montañés <i>et al.</i> 2018). le poids des graines de pomme est de 5 g par kg de fruits (Górnaś <i>et al.</i> 2014).</p>
<p>Graine de fruit d'orange (<i>Citrus sinensis</i>)</p>		<p>Les graines sont de couleur blanchâtre à verdâtre pâle, aplaties et angulaires. Elles sont poly-embryonnaires, ce qui signifie qu'elles ont plusieurs embryons qui peuvent germé (Polese, 2008).</p>

<p>Graine de fruit d'olive (<i>Olea europaea L</i>)</p>		<p>La graine a une forme allongé adhère à la pulpe, l'endocarpe de graine est très dure. Il contient une amande de couleur blancivoire, avec deux ovules dont l'un est stérile (Serge, 2012).</p>
<p>Graine de fruit de jujube (<i>Ziziphus jujuba</i>)</p>		<p>Le noyau dur et ligneux, de forme ovoïde presque sphérique ou allongée, plus ou moins effilée, de dimensions variables, comprenant ordinairement deux loges, dont une seule contient une petite amande (Munier, 1973).Les graines, plus souvent détachables des pulpes, peuvent atteindre 1,05cmde long (El Aloui <i>et al.</i> 2010).</p>
<p>Graine de fruit de pruneau (<i>Prunus domestica</i>)</p>		<p>Le noyau a un forme ovoïde allongé, il représente 9à12% de poids total du fruit (Nunes <i>et al.</i> 2008).</p>

II.4. Préparation des extraits :

II.4.1. Délipidation par l' Hexane

La délipidation consiste à mélanger 0.133g de la poudre de chaque échantillon avec 20 ml de Hexane, puis les mélanges sont placés dans le bain de sonicateur, la sonde de sonicateur est introduite dans le mélange avec une amplitude de 50%, l'extraction est effectuée pendant 10 min. Les extraits sont récupérés après centrifugation à 5000 tr/min pendant 10 min.

II.4.2. Extraction assistée aux ultrasons

L'extraction des composés phénoliques assistée aux ultrasons, réside à mettre 0.133g de la poudre de chaque échantillon récupéré après l'étape de délipidation mélanger avec 20 ml de solvant d'extraction (acétone 60% ou éthanol 60 %). puis les mélanges sont placés dans le bain de sonicateur, la sonde de sonicateur est introduite dans le mélange avec une amplitude de 50%, l'extraction est effectuée pendant 10 min. Les extraits sont récupérés après centrifugation à 5000 tr/min pendant 10 min et filtrer avec le papier watman.



Figure 3: Dispositif d'extraction assistée aux ultrasons.

II.5. Dosage des antioxydants

II.5.1. Dosage des composés phénoliques totaux

Cette méthode utilise le réactif de Folin-Ciocalteu en milieu basique (carbonate de sodium), le réactif est réduit lors de l'oxydation des composés phénolique, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité des polyphénols totaux présents dans l'échantillon (Georgé *et al.* 2005).

La méthode consiste à mélanger 200µl d'extrait avec 1000µl de réactif de Folin-Ciocalteu fraîchement préparé et dilué à 1/10 et 800µl de carbonates de sodium Na_2CO_3 (5%). L'ensemble est incubé à une température ambiante pendant 90 minutes à l'obscurité. La lecture est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 740nm.

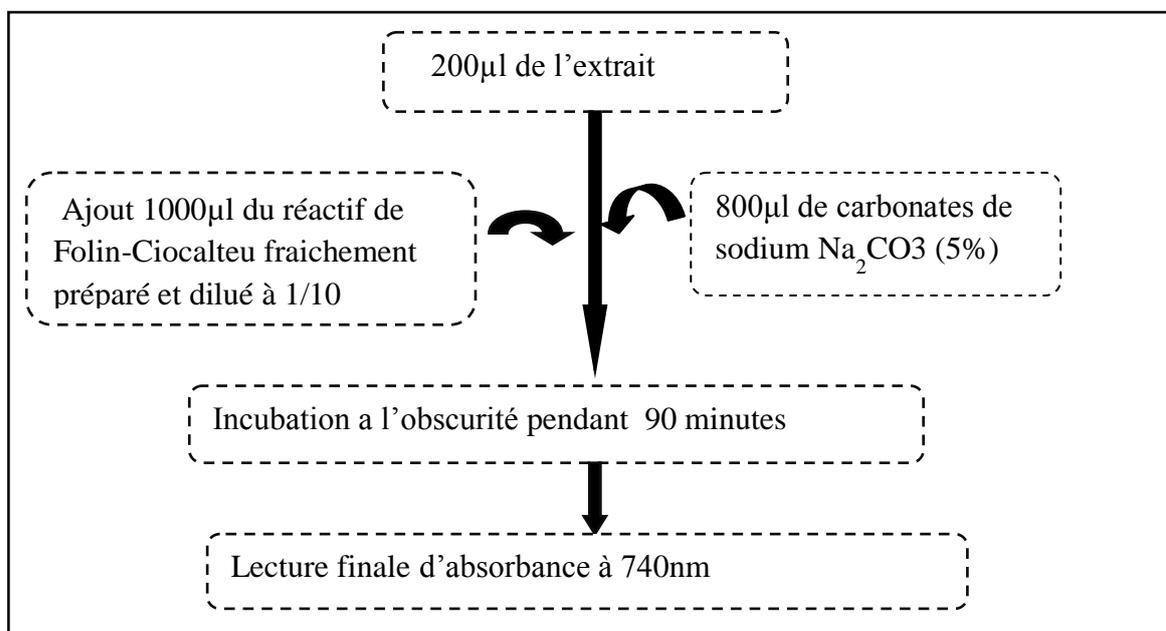


Figure 4: Récapitulation des étapes de dosage des composés phénoliques totaux (Georgé *et al.* 2005).

Les quantités des composés phénoliques correspondantes de chaque extrait sont rapportées en mg équivalent d'acide gallique (EAG) / 100 g MS pour chaque échantillon, et déterminées par une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions expérimentales par l'acide gallique à différentes concentrations (Figure A, Annexe 1).

II.5.2. Dosage des flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes sont mesurés en utilisant le trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) avec lequel ils forment un complexe acide très stable de couleur jaune entre le réactif et les groupements hydroxyle (OH) des flavonoïdes (Bahorun, 1997).

Cette méthode consiste à mélanger 1ml de l'extrait et 1ml du réactif trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) (2%), après incubation de 30 minutes dans l'obscurité à température ambiante. Les absorbances sont mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à 420 nm.

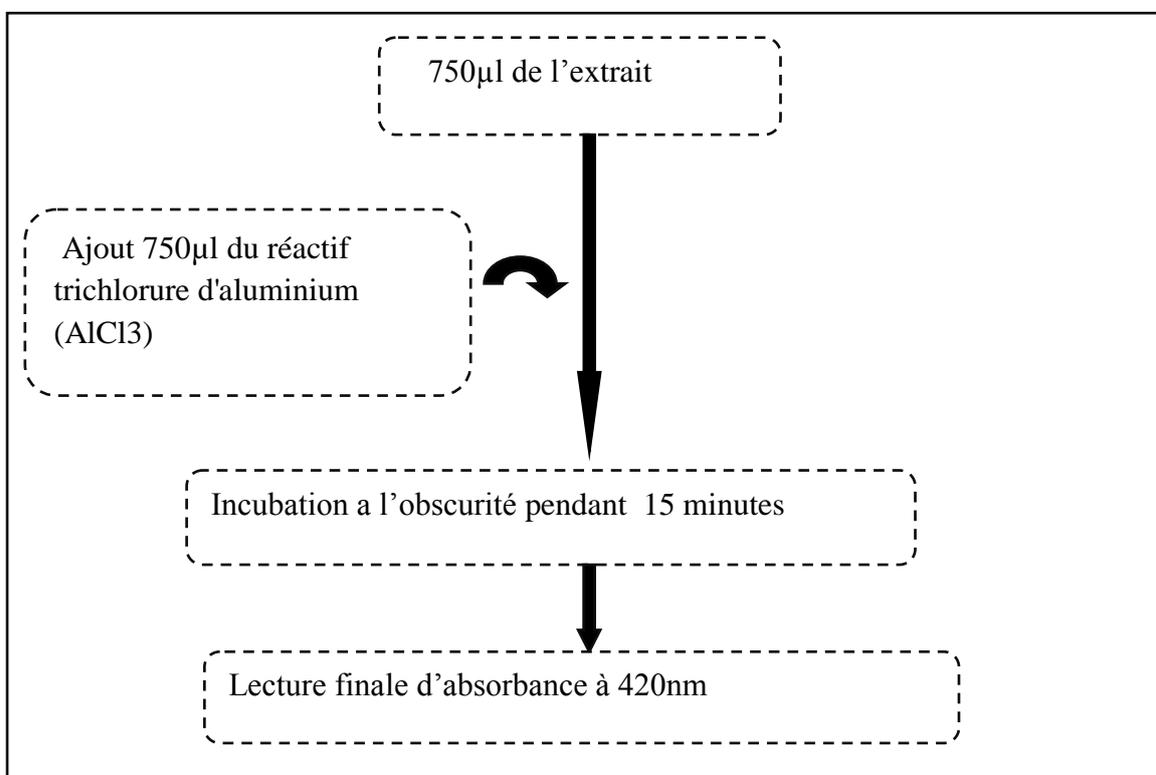


Figure 5: Récapitulation des étapes de dosage des flavonoïdes (Bahorun, 1997).

La quantification des flavonoïdes est faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax+b$) réalisée par une solution étalon (Quercitine) à différentes concentration. Les résultats sont exprimées en mg d'équivalent de quercétine (EQ)/ 100 g de matière sèche de chaque échantillon (Figure B, Annexe 1).

II.5.3. Dosage des proanthocyanidines (tannins condensés)

Tannins condensés également connu sous le nom de proanthocyanidines, sont des polyphénols de masse molaire élevée, ils résultent de la polymérisation des unités de flavan-3-ol. En milieu acide, les tanins condensés se dépolymérisent et se transforment en anthocyanidols de couleur rouge spécifique, mesurable par spectrophotométrie (Sun *et al.* 1998).

La méthode consiste à mettre 500µl de chaque extrait et 2ml de la solution ferrosulfate préparé dans le butanol-HCl (3:2) Le mélange est incubé à 95C°durant 15 min et l'absorbance est mesuré à 530 nm.

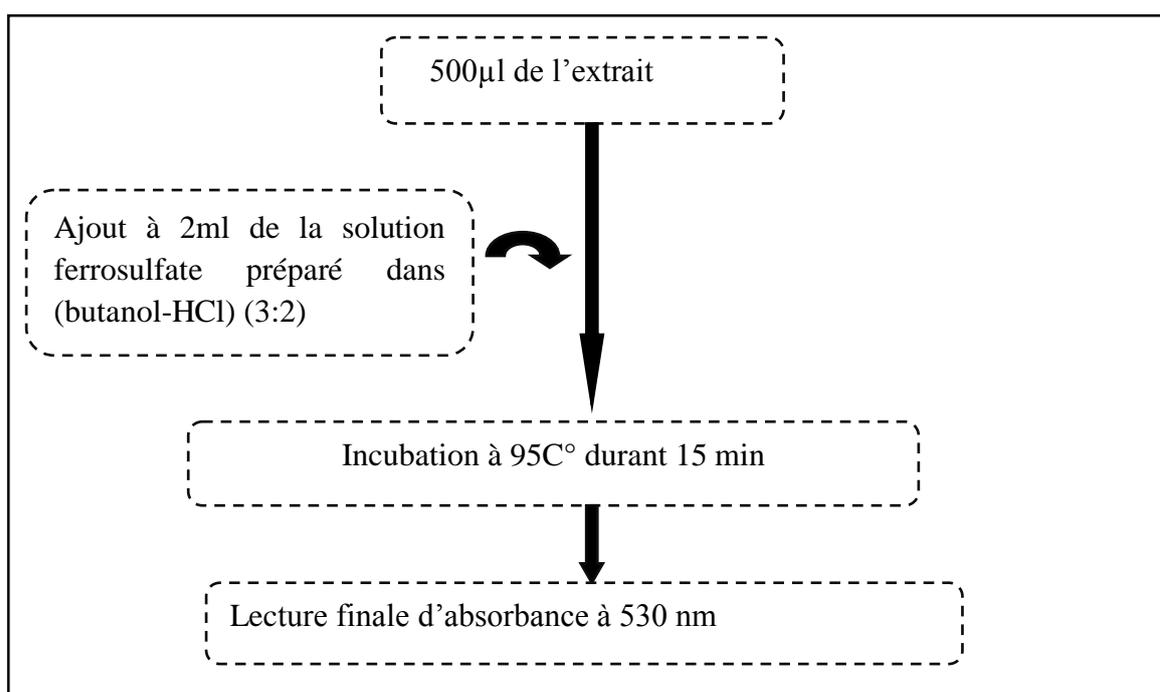


Figure 6: Récapitulation des étapes de dosage des proanthocyanidines (Sun *et al.* 1998).

Le calcul de la concentration en proanthocyanidines permet d'obtenir des résultats qui sont exprimés selon l'équation suivante :

$$C \text{ (mg/ml)} = 1000 \times MM \times A \times FD / \epsilon L$$

A: Absorbance

MM = 287,24 g/mol, masse molaire de la cyanidine-3-glycosylée.

FD: Facteur de dilution de l'échantillon analysé

L : Longueur de la cellule mesuré en cm.

II.6. Activité antioxydants

II.6.1. Pouvoir réducteur

Cette méthode mesure le pouvoir réducteur des antioxydants présents dans les extraits par leur capacité à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en complexe ferricyanide à la forme ferreux (Fe^{2+}). Par conséquent, Fe^{2+} peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu vert dans le milieu réactionnel à 700 nm (Amarowicz *et al.* 2004).

La méthode consiste a mélangé 500 μl de l'extrait avec 1,25ml de tampon phosphate (0,2M ; pH 6,6) et 1,25ml de ferricyanure de potassium (1%), puis le mélange est incubé a 50°C pendant 20 minutes dans le bain marie. Après incubation on prend 1,25ml de ce mélange, on lui ajouté 1,25ml d'acide trichloracétique (TCA 10%), 1,25ml de l'eau distillée et 500 μl de chlorure ferrique (FeCl_3 à 0,1%). Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 10 minutes. Les absorbances sont mesurées à 700 nm.

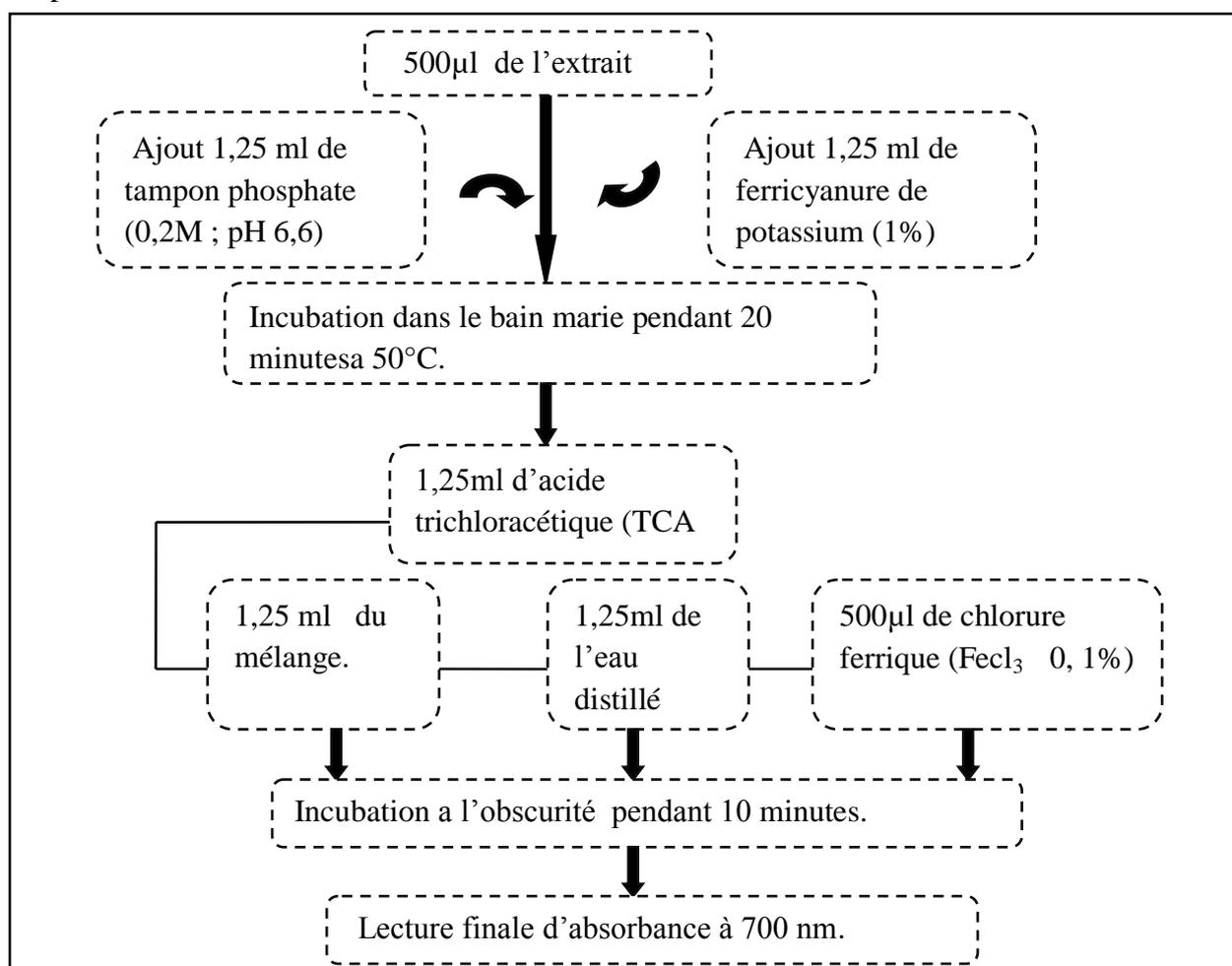


Figure 7: Récapitulation des étapes d'évaluation du pouvoir réducteur (Amarowicz *et al.* 2004).

Le pouvoir réducteur de chaque extrait est calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax$) établie avec des concentrations précises d'acide ascorbique comme standard de référence.

Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent d'acide ascorbique (EAA)/100g de matière sèche de chaque échantillon (Figure C, Annexe 1).

II.6.2. Activité antiradicalaire DPPH

Le DPPH (1,1 Diphényl 2 PycrilHydrazil) est un radical libre stable de couleur violette intense, soluble dans du méthanol, fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques (Brand-Williams et al. 1995).

La réduction du radical libre DPPH[•] (2,2'-diphényle-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV- Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par les antioxydants. En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH 2,2 Diphényl 1 picrylhydrazyl de couleur violette se réduit en 2,2 Diphényl 1 picryl hydrazine de couleur jaune (Molyneux, 2004).

La méthode consiste a mélangé 100µl de l'extrait et 1,5 ml de solution de DPPH. Puis le mélange obtenu est incubé à température ambiante et a l'obscurité pendant 30 minutes. Les absorbances sont mesurées à 517nm.

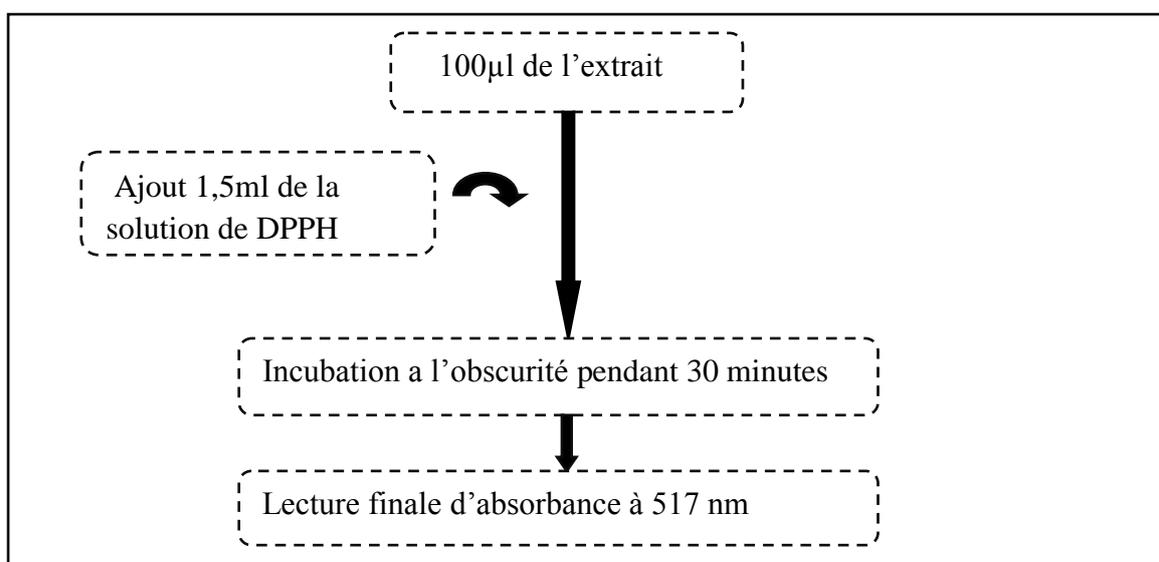


Figure 8: Récapitulation des étapes d'évaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH) (Molyneux, 2004).

L'activité antiradicalaire, qui exprime la capacité de piéger des radicaux libres, a été estimée par le pourcentage d'inhibition du DPPH selon la formule suivante (Pan *et al.* 2012).

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

I % : pourcentage d'inhibition

A₀: l'absorbance de la solution DPPH.

A₁: l'absorbance de l'échantillon.

II.6.3. L'activité antiradicalaire par l'ABTS

La méthode de radicale ABTS (l'acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique) est l'un des tests les plus utilisés pour la détermination de la concentration des radicaux libres. Il est basé sur la neutralisation d'un radical - cation résultant de la mono électronique oxydation du chromophore synthétique (Jiri *et al.* 2010).

Le radical cation ABTS est généré en mélangeant à volume égal une solution de 2,4 mM de persulfate de potassium K₂S₂O₈ et une solution d'ABTS à 7 mM, le tout est conservé à l'abri de la lumière et à température ambiante durant 16 h avant utilisation. La solution obtenue est diluée avec du méthanol pour obtenir une absorbance de 0.70 à 734 nm. 1 ml de cette solution fraîchement préparée sont ajoutés à 50 µl d'extrait et la lecture est faite à 734 nm après 7 minutes d'incubation dans le bain marie à 37°C (Figure14).

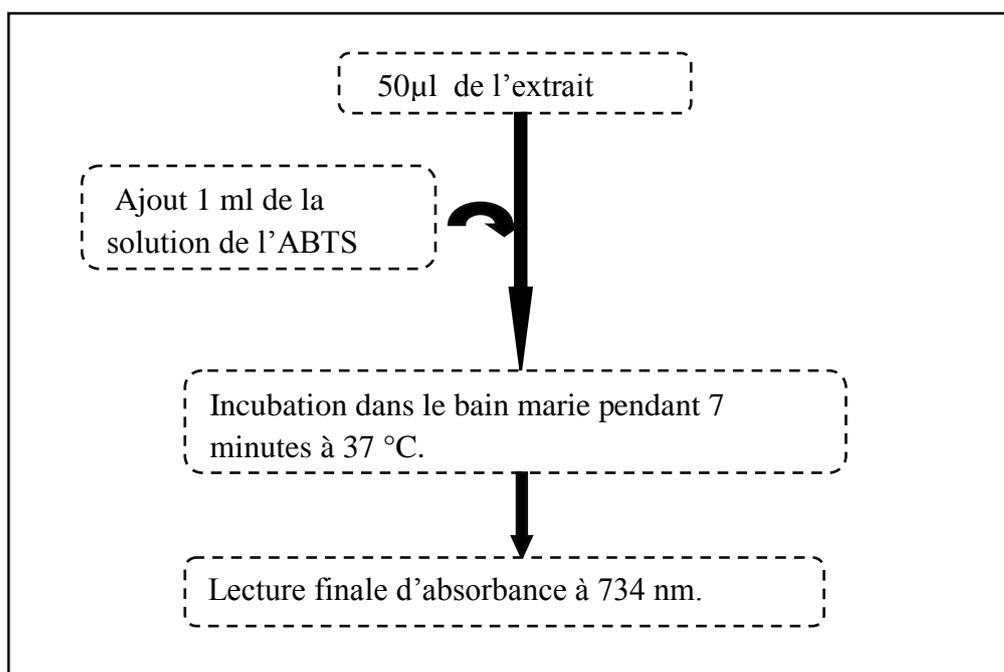


Figure 9: Récapitulation des étapes d'évaluation de l'activité antiradicalaire ABTS (Jiri *et al.* 2010).

L'activité antiradicalaire par l'ABTS de chaque extrait est calculée par le pourcentage d'inhibition selon la formule suivante (Pan *et al.* 2012).

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

I % : pourcentage d'inhibition

A₀: l'absorbance de la solution DPPH.

A₁: l'absorbance de l'échantillon.

II.6.4. Activité antioxydante au phosphomolybdate

La mesure de l'activité antioxydante au phosphomolybdate est effectuée en suivant le protocole de Veerabadran *et al.* 2013, elle consiste à ajouter 1ml du réactif phosphomolybdate (0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium) à 100µl d'extrait. Après 90min d'incubation au bain marie à 95°C, l'absorbance est mesurée à 695nm.

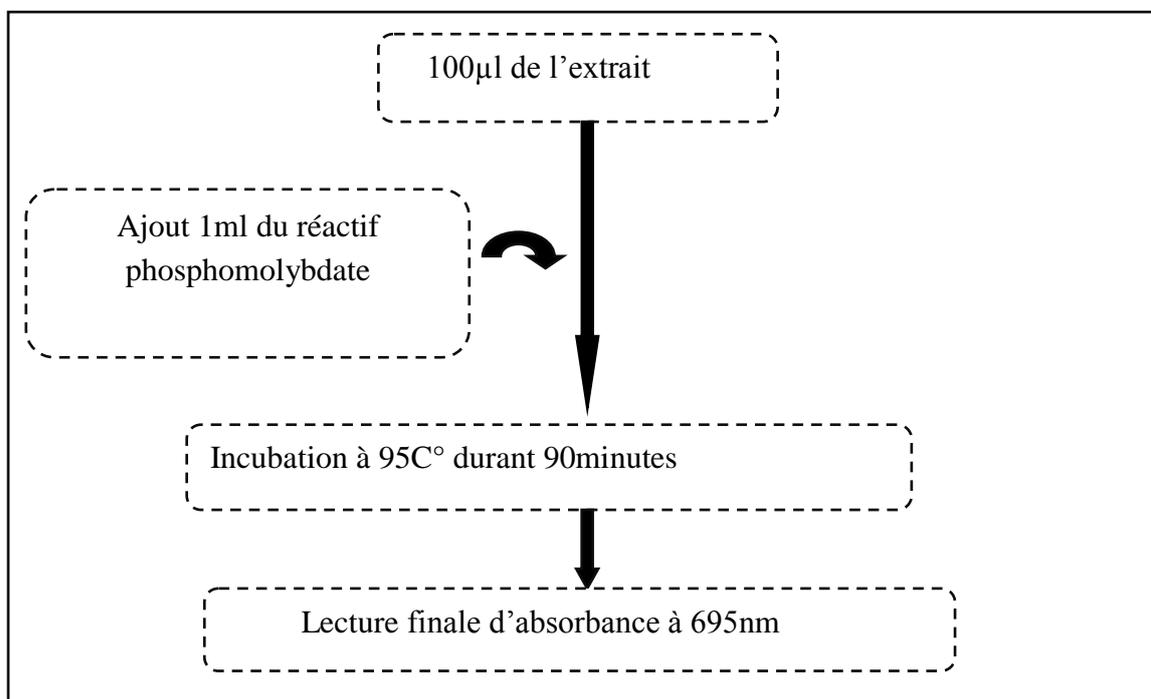


Figure 10: Récapitulation des étapes d'évaluation de l'activité antioxydante au phosphomolybdate (Veerabadran *et al.* 2013).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique /100g de matière sèche (mg EAG/100g MS), par rapport à une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax+b$) (Figure D, Annexe 1).

II.7. Analyse statistique

Toutes les données réalisées sont la moyenne de trois essais. Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de déterminer les moyennes et les écarts types. Une analyse de la variance (ANOVA) est appliquée à l'aide du logiciel STATISTICA 5.5 afin de mettre en évidence les différences significatives entre les échantillons. Le degré de signification des données est pris à la probabilité $p < 0,05$.

L'extraction assistée aux ultrasons est un mode d'extraction de solutés à partir de différentes matrices végétales dans un temps court. Elle offre de nombreux avantages d'un point de vue de la consommation de solvant, du rendement d'extraction et de la reproductibilité, sans altérer la qualité de l'extrait.

Les ultrasons sont des ondes mécaniques ayant une fréquence supérieure à celle audible par les êtres humains (Figure 11) ce qui peut assurer une meilleure pénétration du solvant dans le matériel végétal et améliorer le transfert de matière. L'effet des ultrasons sur un fluide est du à l'action de la pression acoustique et hydrostatique sur le milieu (Grigoraș, 2012).

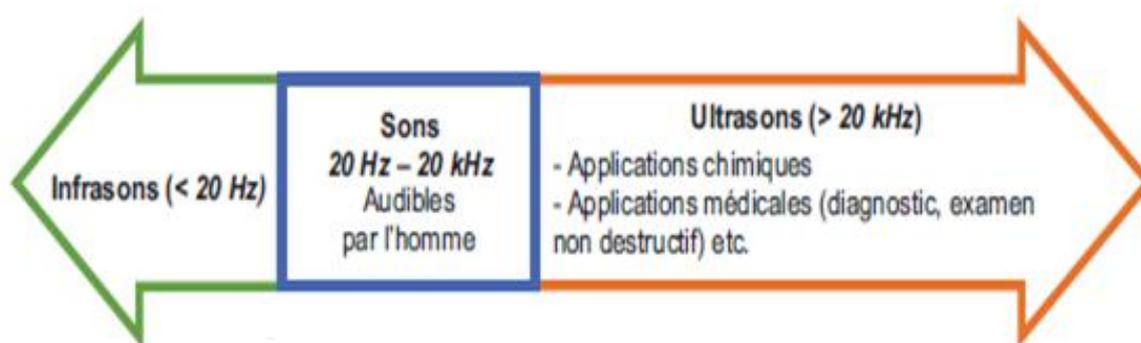


Figure 11: Fréquences des ondes sonores et leurs applications (Grigoraș, 2012).

Extraction par ultrasons s'est avérée être également plus efficace que d'autres méthodes d'extraction. Les principaux avantages de cette méthode sont la reproductibilité de la technique, l'application de la méthode à une gamme de la poudre, la réduction du temps nécessaire pour effectuer des extractions très efficaces (Aybastier *et al.* 2013).

III.1. Dosage des antioxydants

III.1.1. Dosages des composés phénolique totaux

Les composés phénoliques, ou polyphénols, sont des métabolites secondaires constituent une famille de molécules organiques largement présentes dans le règne végétal. On les retrouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits, et ils font donc partie intégrante de notre alimentation. Ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la reproduction (Bravo, 1998).

Les composés phénoliques jouent un rôle majeur dans la lutte contre des agents pathogènes et des infections, utilisés en thérapeutique comme vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants, antiradicalaire et antimicrobiens (Bahorum, 1998).

Les teneurs en composés phénoliques totaux des extraits de graines des différents échantillons analysés présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 12).

La teneur en totaux des extraits des graines varie entre 23,82 mg EAG/100g MS et 7375,01 mg EAG/100g MS. La teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue pour l'extrait éthanolique des graines du pruneau.

La teneur en composés phénoliques totaux obtenu avec l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant:

Datte(7375,01mg EAG/100g MS) > caroube(1432,54mg EAG/100g MS) > jujube(691,38mg EAG/100g MS) > olive(520,4mg EAG/100g MS) > figue de barbarie (310,08mg EAG/100g MS) = orange(304,63mg EAG/100g MS) > mandarine(265,29mg EAG/100g MS) = pomme(229,46mg EAG/100g MS) > pruneau(36,28mg EAG/100g MS).

La teneur en composés phénoliques totaux obtenu avec l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant:

Datte(6490,9mg EAG/100g MS) > olive(619,71mg EAG/100g MS) > caroube(542,21mg EAG/100g MS) > jujube(418,36mg EAG/100g MS) > orange(283,21mg EAG/100g MS) = figue de barbarie(257,11mg EAG/100g MS) = mandarine(254,78mg EAG/100g MS) > pomme(200,25mg EAG/100g MS) > pruneau(23,82mg EAG/100g MS).

Pour toutes les graines étudiées, le meilleur solvant d'extraction des composés phénoliques est l'acétone 60% sauf que pour les graines d'olives.

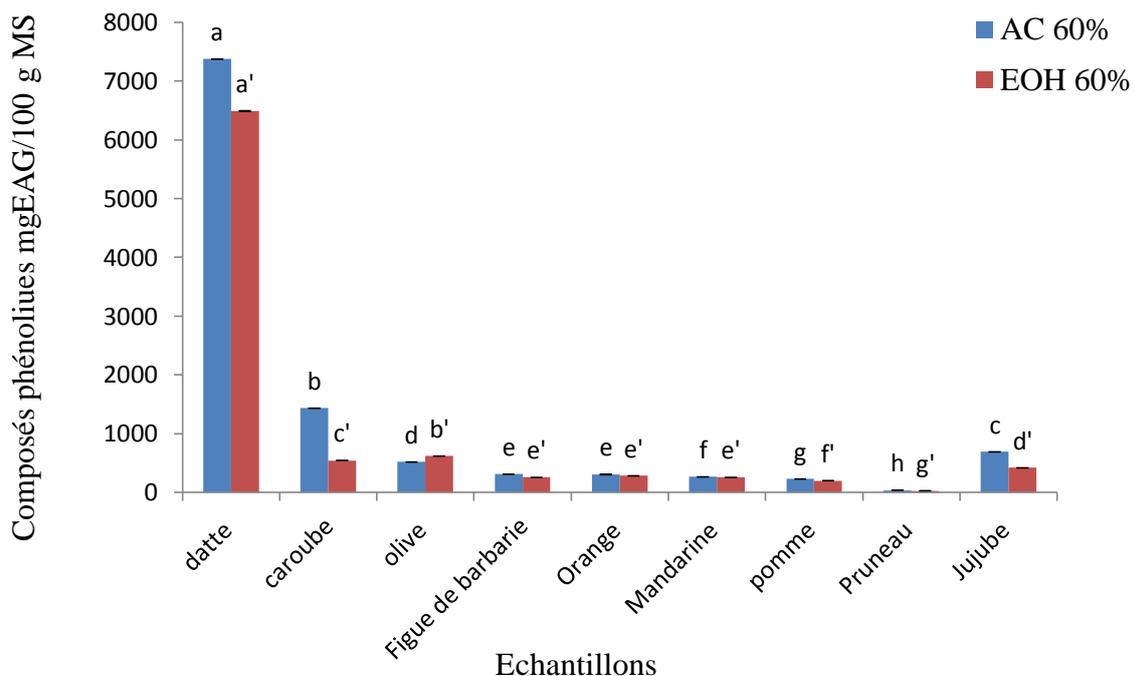


Figure 12: Teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d>e>f>g>h: Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d'>e'>f'>g': Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

Dehghanian *et al* (2017), ont rapporté que la teneur en composés phénoliques totaux des extraits des graines de la datte est de 175,4mg EAG/100g extrait, qui est inférieure à celle obtenue dans ce travail.

Lecheb (2010), a rapporté que la teneur en composés phénoliques totaux des extraits des graines de la datte par les extraits éthanoliques et acétoniques en moyenne est 12,04mg EAG/100g et 10,06 mg EAG/100g respectivement qui sont inférieures à celle obtenue dans ce travail.

Moulehi *et al* (2012), ont rapporté que la teneur en composés phénoliques totaux des graines de mandarines et orange est de 0,68mg EAG/g MS ; 1,35 mg EAG/g MS respectivement qui sont inférieures à celle obtenue dans ce travail.

Ying *et al* (2016), ont rapporté que la teneur en composés phénoliques totaux des extraits des graines de pomme de sept types différents varie de 5,74 à 17,44 mg EAG/g MS qui sont supérieures à celle obtenue dans ce travail.

Chaalal *et al* (2013), ont rapporté que l'acétone 50% est le solvant approprié pour l'extraction des composés phénoliques totaux à partir des graines de figue de barbarie.

Al-Farsi et Lee (2008), ont rapporté que l'acétone 50% était le solvant le plus efficace pour l'extraction des composés phénoliques totaux à partir des graines de la datte.

L'augmentation de la concentration d'acétone dans le solvant provoque une diminution de sa polarité, ce qui favorise l'extraction de composants moins polaires. En outre, l'augmentation de la concentration d'acétone favorise la dégradation de la membrane cellulaire qui améliore la perméabilité du solvant dans la matrice solide. Les mélanges d'acétone et d'eau étaient de bons solvants pour l'extraction des antioxydants polaires et plus utile pour l'extraction phénolique de différentes matrices (Bachir Bey *et al.* 2014).

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'extraction efficace de composés phénoliques, y compris la méthode d'extraction, type de solvant et sa concentration, la taille de particule de matériel végétale, temps et température d'extraction (Chaalal *et al.* 2013).

III.1.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange, et rouge de différents organes végétaux. Tous les flavonoïdes possèdent la même structure de base (C6-C3-C6) (Ghedira, 2005).

D'après les résultats obtenus du dosage des flavonoïdes, on constate que les extraits des graines de différents échantillons analysés présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 13).

La teneur en flavonoïdes varie entre 605,27 mg EQ/100g MS et 1000,07 mg EQ/100g MS la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue par l'extrait acétonique des graines du pruneau.

La teneur en flavonoïdes des graines de fruits obtenue par l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte (1000,07 mg EQ/100g MS) > mandarine (683,21 mg EQ/100g MS) = orange (678,49 mg EQ/100g MS) > olive (648,86 mg EQ/100g MS) > caroube (625,58 mg EQ/100g MS) = figue de barbarie (617,16 mg EQ/100g MS) ≥ jujube (616,03 mg EQ/100g MS) ≥ pomme (615,46 mg EQ/100g MS) > pruneau (605,27 mg EQ/100g MS).

La teneur en flavonoïdes des graines de fruits obtenue par l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(729,07mg EQ/100g MS) = caroube(723,22mg EQ/100g MS) > orange(710,76mg EQ/100g MS)> olive(661,51mg EQ/100g MS)> mandarine(645,09mg EQ/100g MS)> pomme(636,97mg EQ/100g MS)> jujube(620,56mg EQ/100g MS) = figue de barbarie(616,59mg EQ/100g MS)> pruneau(606,21mg EQ/100g MS).

Pour toutes les graines étudiées, le meilleur solvant d'extraction des flavonoïdes est l'éthanol 60% sauf que pour les graines de datte, figue de barbarie et mandarine.

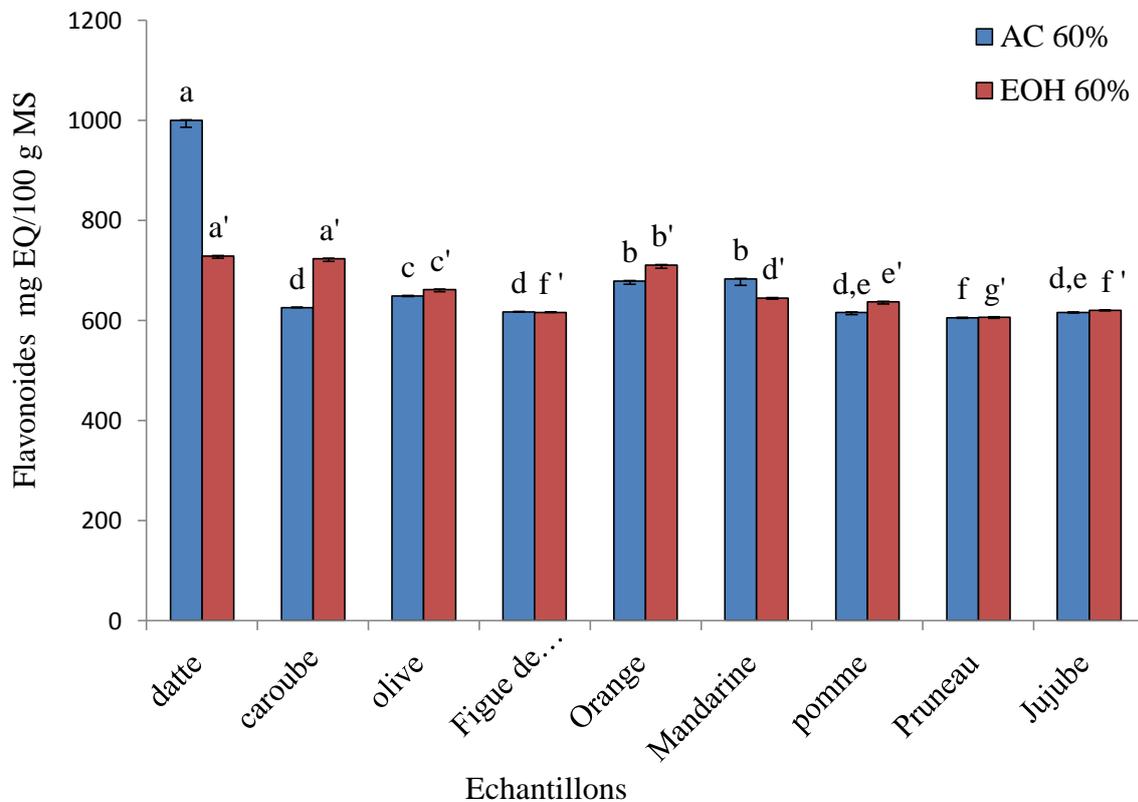


Figure 13: Teneurs en flavonoïdes des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d>e>f : Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d'>e'>f'>g' : Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

Dehghanian et al (2017), ont rapporté que la teneur en flavonoïdes des extraits des graines de la datte est de 41,4 mg EQ/g extraits, qui est supérieure à celle obtenue dans ce travail.

Lecheb (2010), a rapporté que la teneur en flavonoïdes des extraits des graines de la datte varient de 6-13 g /100g d'extrait qui est supérieure à celle obtenue dans ce travail.

III.1.3. Dosage des proanthocyanidines

L'étude statistique montre que la concentration des proanthocyanidines des extrait de graines des différents échantillons analysés sont significativement différentes à $p < 0,05$ (figure 14).

La teneur en proanthocyanidines varie entre 4,97 mg EC3G/100g MS et 865,12 mg EC3G/100g MS la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue par l'extrait éthanolique des graines du pruneau.

La teneur en proanthocyanidines des graines de fruits obtenue par l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte (865,12mg EC3G/100g MS) > pomme(259,53mg EC3G/100g MS) > jujube(215,13mg EC3G/100g MS) > caroube(68,87mg EC3G/100g MS) > orange(43,56mg EC3G/100g MS) \geq figue de barbarie(39,21mg EC3G/100g MS) \geq mandarine(35,89mg EC3G/100g MS) \geq olive(17,21mg EC3G/100g MS) > pruneau(13,48mg EC3G/100g MS).

La teneur en proanthocyanidines des graines de fruits obtenue par l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(836,28mg EC3G/100g MS) > figue de barbarie(46,05mg EC3G/100g MS) > pomme(27,17mg EC3G/100g MS) = orange(22,19mg EC3G/100g MS) \geq olive(18,46mg EC3G/100g MS) \geq mandarine(16,8mg EC3G/100g MS) \geq caroube(15,97mg EC3G/100g MS) \geq jujube(15,55mg EC3G/100g MS) > pruneau(4,97mg EC3G/100g MS).

Pour toutes les graines étudiées, le meilleur solvant d'extraction des proanthocyanidines est l'acétone 60% sauf que pour les graines de figue de barbarie et l'olive.

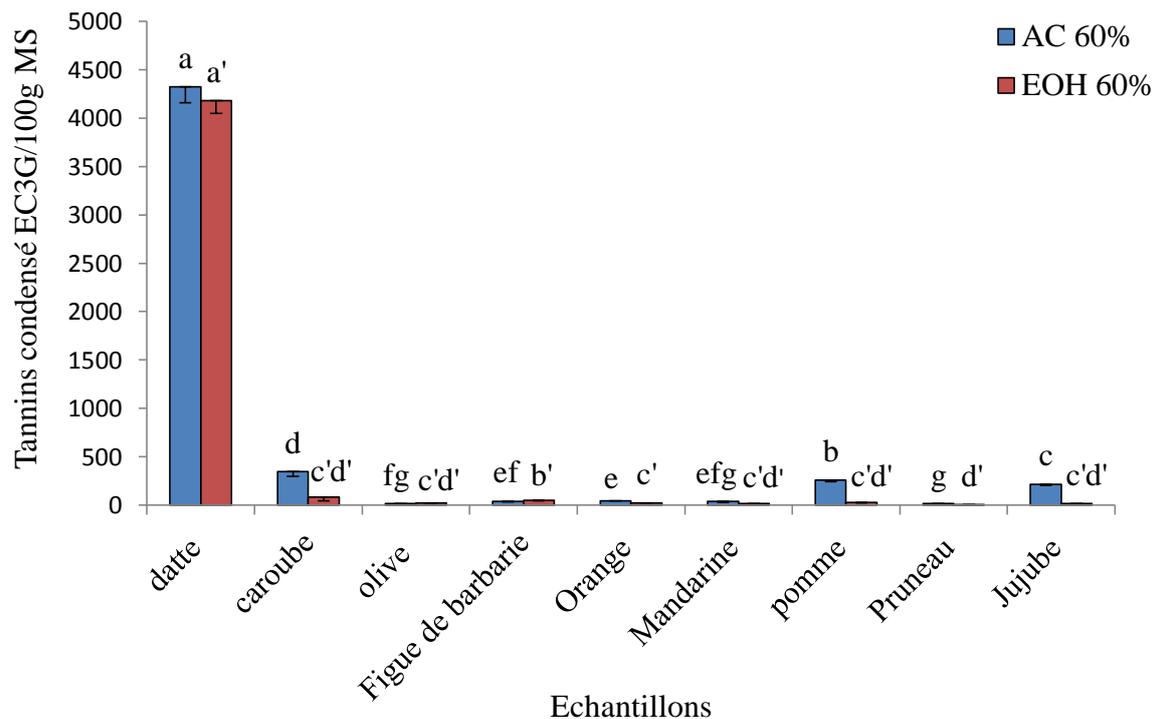


Figure 14: Teneurs en proanthocyanidines des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d>e>f>g: Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d': Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

C3G : Cyanidine-3-Glycosylée

Moulehi *et al* (2012), ont rapporté que la teneur en proanthocyanidines des extraits des graines d'orange est de 2,7mg EC/g MS, qui est supérieur à celle obtenue dans ce travail. La teneur en proanthocyanidines des extraits des graines de mandarines est de 0,37 mg EC/g MS, qui est supérieure à celle obtenue dans ce travail.

La présente étude montre que les grandes teneurs en composés phénoliques totaux, flavonoïdes et proanthocyanidines des extraits des graines de différents échantillons obtenues avec l'acétone 60%.

III.2. Activité antioxydants

III.2.1. Pouvoir réducteur

Ce test mesure la capacité des extraits à réduire les ions métalliques, le fer ferrique (Fe^{3+}) du ferrocyanure de potassium pour donner du fer ferreux (Fe^{2+}). La réduction provoque le changement de couleur jaune du ferricyanure de potassium au bleu vert dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur de chaque extrait. L'augmentation de l'absorbance indique une augmentation du pouvoir réducteur (Yildirim *et al* .2001).

Les extraits de graines des différents échantillons analysés sont significativement différentes à $p < 0,05$ (figure 15).

Le pouvoir réducteur des échantillons varie entre 43,40 mg EAA/100g MS et 8167,94 mg EAA/100g MS. La teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue par l'extrait acétonique des graines du pruneau.

Le pouvoir réducteur des graines obtenues par l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(8247,09mg EAA/100g MS) > caroube(1621,56mg EAA/100g MS) > jujube(666,80mg EAA/100g MS) > olive(275,34mg EAA/100g MS) > figue de barbarie(192,65mg EAA/100g MS) = pomme(187,66mg EAA/100g MS) = orange(185,02mg EAA/100g MS) = mandarine(168,90mg EAA/100g MS) > pruneau(43,39mg EAA/100g MS)

Le pouvoir réducteur des graines obtenues par l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(6709,10mg EAA/100g MS) > caroube(517,55mg EAA/100g MS) > olive(328,71mg EAA/100g MS) = jujube(308,18mg EAA/100g MS) > figue de barbarie(186,20mg EAA/100g MS) = orange(154,82mg EAA/100g MS) > pomme(134,29mg EAA/100g MS) ≥ mandarine(129,02mg EAA/100g MS) > pruneau(69,2mg EAA/100g MS).

Les valeurs de pouvoir réducteur de la majorité des extraits des graines est élevée avec l'extrait acétonique à l'exception des graines d'olive et de pruneau.

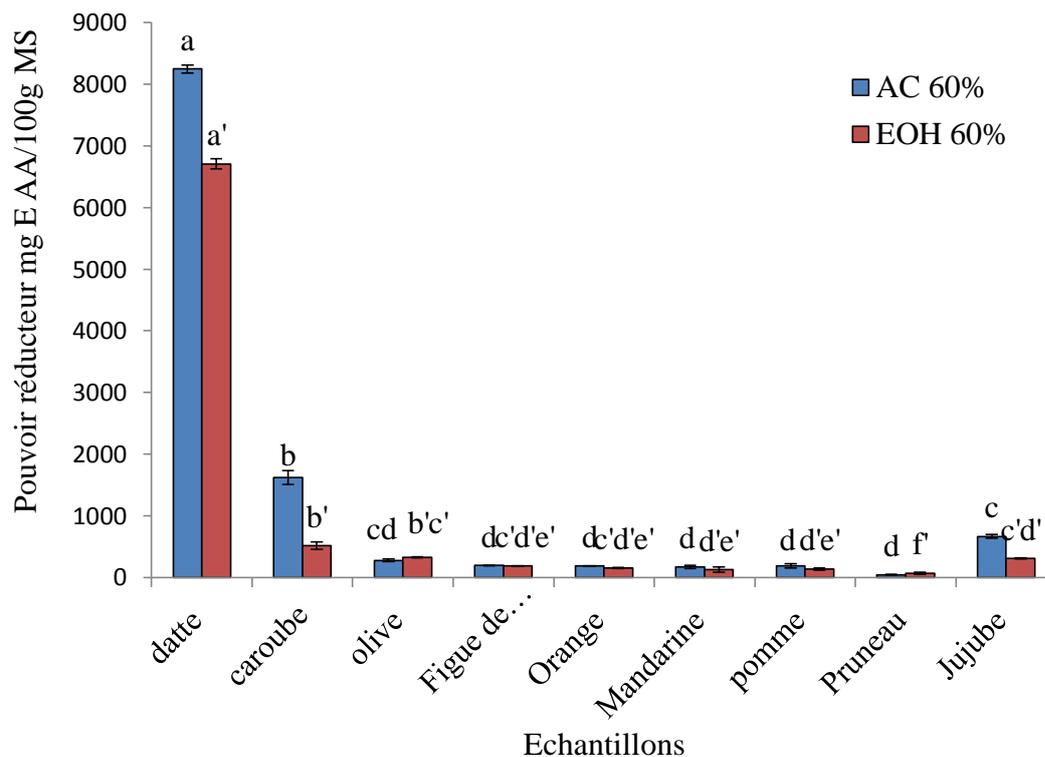


Figure 15: Pouvoir réducteur des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d: Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d'> e' >f': Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

III.2.2. Activité antiradicalaire DPPH

Le 1,1-Diphényl-2-Picryl-Hydrazyl (DPPH) est un radical libre stable centré sur l'azote, dont la couleur change du violet au jaune après réduction par le processus de donation, soit d'hydrogène ou bien d'électron (Hinneburg *et al.* 2006).

Les résultats de l'évaluation de l'activité antiradicalaire DPPH des extraits de graines des différents échantillons analysés présente des différences significatives ($p < 0,05$) (figure 16).

L'activité antiradicalaire DPPH des échantillons varie entre 10,04% et 88,70%, la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait éthanolique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue avec l'extrait éthanolique des graines du pruneau.

L'activité antiradicalaire DPPH des extraits des graines obtenues par l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte (78,80%) > jujube (61,79%) > olive (38,55%) = caroube (35,62%) ≥ pomme (32,63%) ≥ figue de barbarie (31,69%) ≥ orange (31,54%) > mandarine (28,30%) > pruneau (20,24%).

L'activité antiradicalaire DPPH des graines obtenues avec l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte (88,70%)> olive (42,43%)> jujube (33,68%) >orange (25,92%) = mandarine (25,57%) = caroube (24,27%) = figue de barbarie (23,78%) >pomme (17,96%)> pruneau (10,04%).

Les valeurs de activité antiradicalaire DPPH de la totalité des extraits des graines est élevées avec l'extrait acétonique à l'exception les graines de la datte et d'olive.

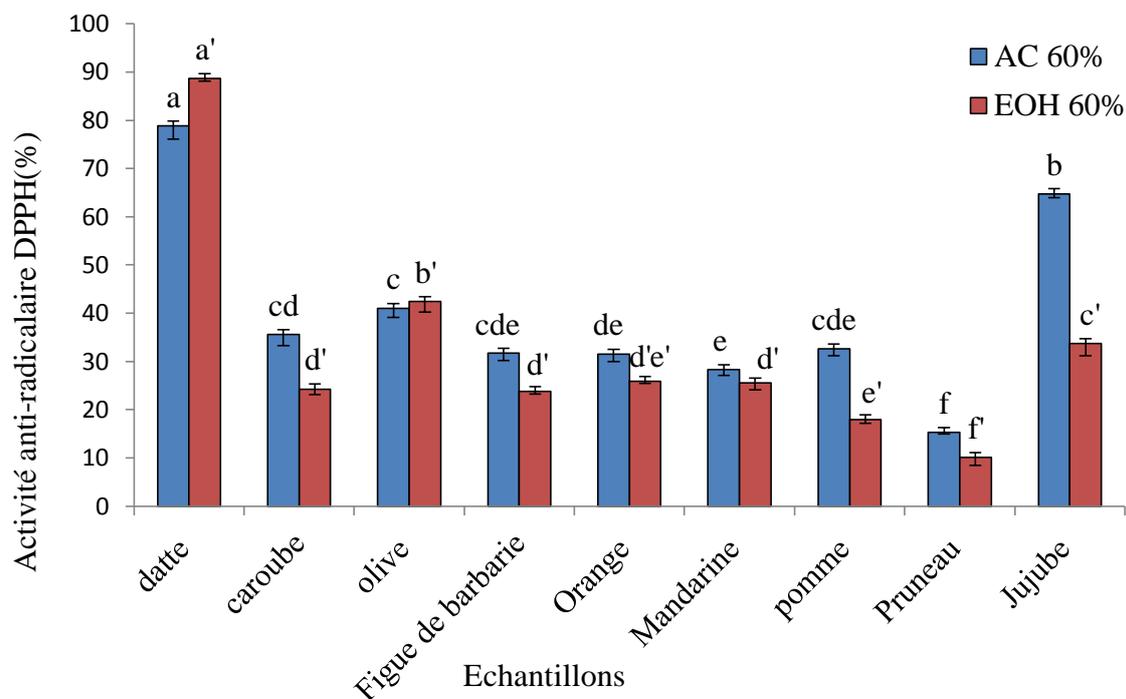


Figure 16: Activité antiradicalaire DPPH des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d: Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d'>e'>f': Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

III.2.3. Activité antiradicalaire ABTS

L'ABTS^{•+} est un autre radical plus réactif que le DPPH[•]. Les réactions avec les radicaux ABTS^{•+} impliquent à la fois le transfert d'atomes d'hydrogène et d'électron.

L'ABTS^{•+} a des avantages d'être plus polyvalent que le DPPH[•], parce qu'il est soluble dans l'eau et les solvants organiques, ce qui permet l'évaluation de l'activité de piégeage pour les échantillons hydrophiles et lipophiles (Gülçin, 2012).

Les résultats de l'évaluation de l'activité antiradicalaire ABTS des extraits de graines des différentes échantillons analysés présentent des différences significatives (p<0,05) (figure 17).

L'activité antiradicalaire ABTS des échantillons varie entre 41,92 % et 98,70 % la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue avec l'extrait éthanolique des graines de figue de barbarie.

L'activité Antiradicalaire ABTS des graines obtenue avec l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(98,7%) ≥ jujube(97,81%) ≥ caroube(96,65%) ≥ mandarine(95,16%) = figue de barbarie(92,09%) > pomme(75,05%) > orange(69,87%) = olive(68,16%) > pruneau(52,01%).

L'activité Antiradicalaire ABTS des graines obtenue avec l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(98,56%) > mandarine(93,86%) > olive(69,25%) > jujube(54,39%) = pruneau(52,01%) > orange(45,94%) = pomme(44,64%) = caroube(42,87%) = figue de barbarie(41,92%).

Les valeurs de l'activité antiradicalaire ABTS de la totalité des extraits des graines est élevées avec l'extrait acétonique à l'exception des graines d'olive.

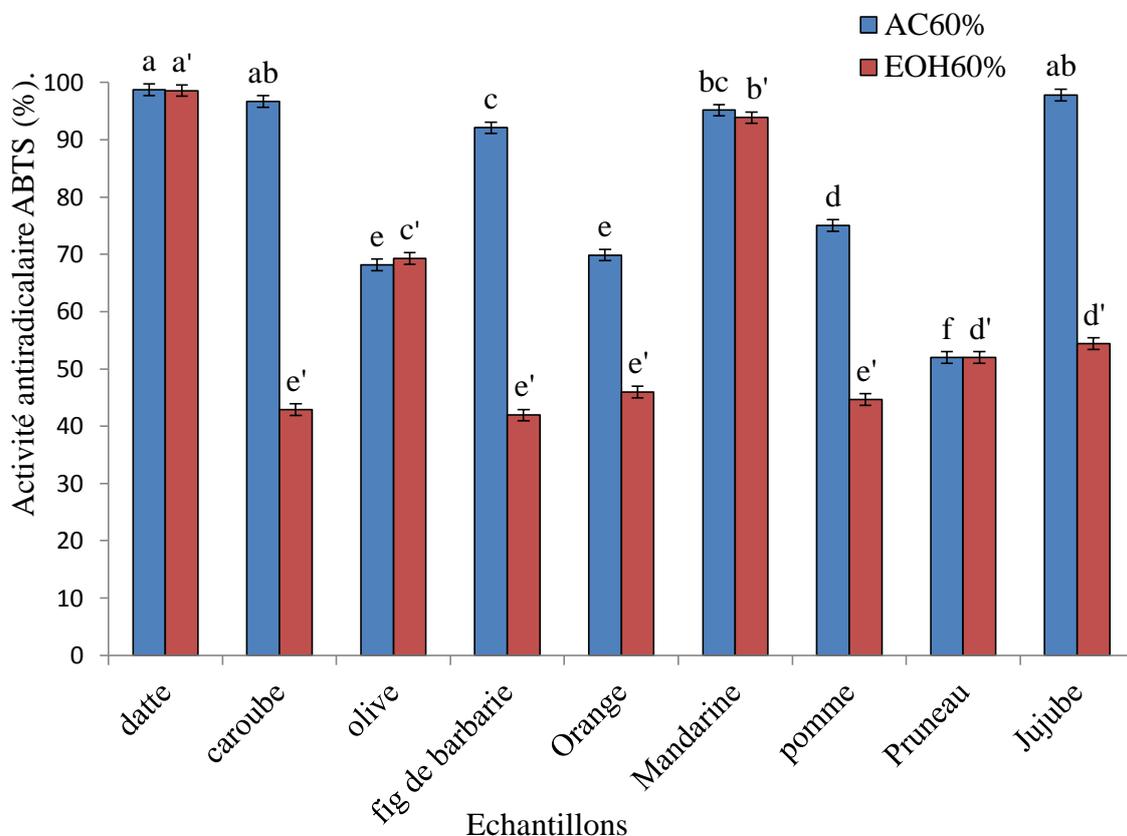


Figure 17: Activité antiradicalaire ABTS des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d>e>f: Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d'>e': Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

III.2.4. Activité antioxydante au phosphomolybdate

L'étude statistique révèle qu'il existe une différence significative entre l'activité des extraits des graines des différents échantillons analysés ($p < 0,05$) (Figure 18).

L'activité antioxydante au phosphomolybdate des échantillons varie entre 83,61 mg EAG/100g MS et 1751,06 mg EAG/100g MS la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue par l'extrait acétonique des graines de figue de barbarie.

L'activité antioxydante au phosphomolybdate des graines obtenue par l'extrait acétonique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(1751,06mg EAG/100g MS) > caroube(1447,41mg EAG/100g MS) > jujube(419,17mg EAG/100g MS) > olive(284,33mg EAG/100g MS) > pruneau(196,84mg EAG/100g MS) = pomme(158,75mg EAG/100g MS) > orange(117,58mg EAG/100g MS) = mandarine(104,2mg EAG/100g MS) = figue de barbarie(83,61mg EAG/100g MS).

L'activité antioxydante au phosphomolybdate des graines obtenue par l'extrait éthanolique suit l'ordre décroissant suivant :

Datte(1720,18mg EAG/100g MS) > pomme(1372,32mg EAG/100g MS) = caroube(1339,33mg EAG/100g MS) > jujube(626,07mg EAG/100g MS) > orange(551,95mg EAG/100g MS) > figue de barbarie(470,64mg EAG/100g MS) > mandarine(337,86mg EAG/100g MS) = olive(320,36mg EAG/100g MS) = pruneau(319,33mg EAG/100g MS).

Les valeurs de l'activité antioxydante au phosphomolybdate de la totalité des extraits des graines est élevée avec l'extrait éthanolique à l'exception les graines de datte et de caroube.

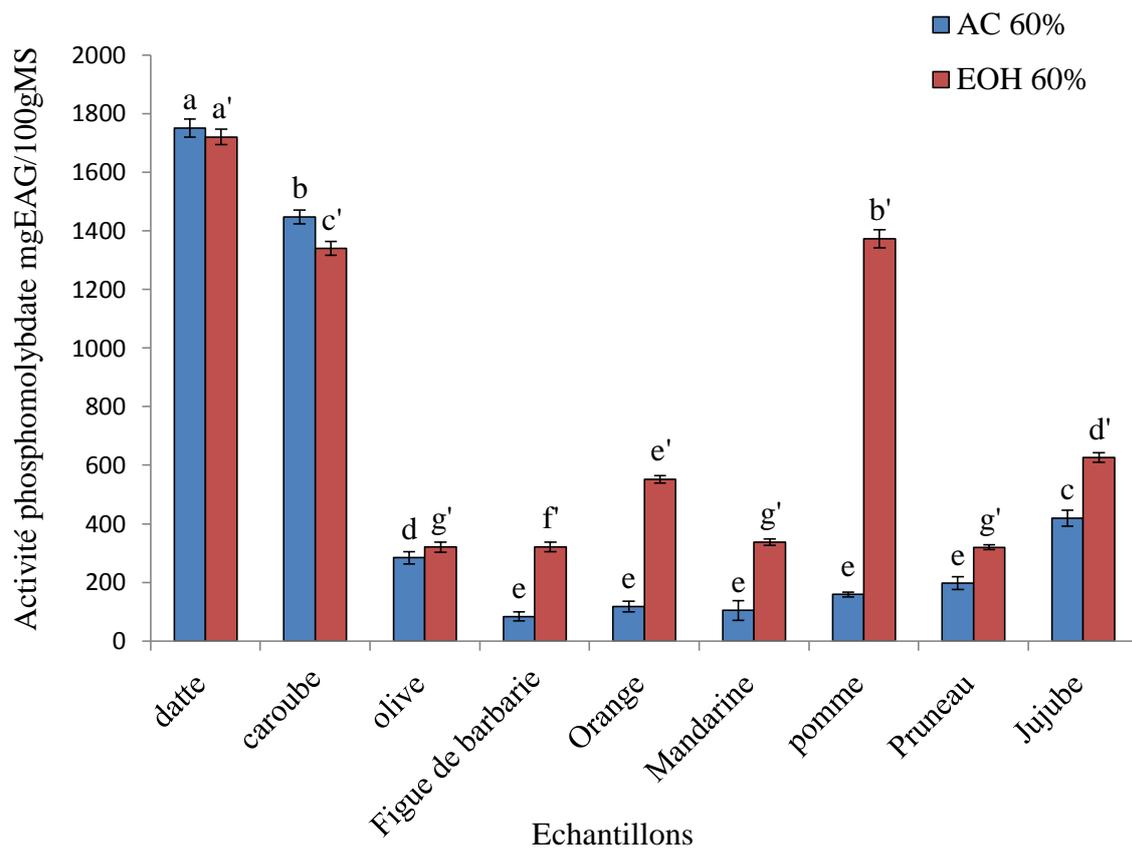


Figure 18: Activité antioxydante au phosphomolybdate des extraits des graines des fruits.

a>b>c>d>e: Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'acétone 60%).

a'>b'>c'>d'> e' >f'>g': Comparaison entre les échantillons (Extraction avec l'éthanol 60%).

Conclusion

La présente étude a permis le dosage des substances antioxydantes (composés phénoliques totaux, flavonoïdes et proanthocyanidines) ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante (pouvoir réducteur, activités antiradicalaires (DPPH et ABTS) et l'activité antioxydante au phosphomolybdate) des extraits obtenus avec une extraction assistée aux ultrasons de différentes graines de fruits (figue de barbarie, olive, pruneau, pomme, orange, mandarine, jujube, datte et caroube) en utilisant l'acétone 60% et l'éthanol 60% comme solvant d'extraction.

Les résultats obtenus ont révélé des teneurs élevées en antioxydants et une activité antioxydante importante avec des différences significatives $p < 0,05$.

Pour les extraits à acétone 60%; l'étude comparative révèle que les teneurs en composés phénoliques varient de 36,28 mg EAG/100g MS pour l'extrait des graines de pruneau jusqu'à une valeur de l'ordre de 7375,01 mg EAG/100g MS pour l'extrait des graines de dattes. Pour les extraits à éthanol 60%, les teneurs en composés phénoliques varient de 23,82 mg EAG/100g MS pour l'extrait des graines de pruneau jusqu'à une valeur de l'ordre de 6490,9 mg EAG/100g MS pour l'extrait des graines de dattes. La teneur en flavonoïdes varie entre 605,27 mg EQ/100g MS et 1000,07 mg EQ/100g MS. Ce qui concerne la teneur en proanthocyanidines, elle varie entre 4,97 mg EC/100g MS et 865,12 mg EC3G/100g MS pour les graines de pruneau et les graines de dattes respectivement.

Le pouvoir réducteur des échantillons varie entre 43,40 mg EAA/100g MS et 8167,94 mg EAA/100g MS. La teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de dattes et la plus faible teneur est obtenue avec l'extrait acétonique des graines du pruneau. L'activité antiradicalaire DPPH des échantillons varie entre 10,04% et 88,70%, teneur la plus élevée est obtenue avec les extrais éthanoliques des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue avec l'extrait éthanolique des graines du pruneau.

L'activité antiradicalaire ABTS varie entre 41,92% et 98,70% la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue avec l'extrait éthanolique des graines de figue de barbarie. Enfin l'activité antioxydante au phosphomolybdate des échantillons varie entre 83,61 mg EAG/100g MS et 1751,06 mg/EAG/100g MS la teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de la datte et la plus faible teneur est obtenue avec l'extrait acétonique des graines de figue de barbarie.

Conclusion et perspectives

Pour la majorité des graines étudiées et des paramètres testés; le meilleur solvant est l'acétone 60%.

Les graines constituent une bonne source de composés bioactifs qui pourraient être exploitée dans différents secteurs.

Dans le but de compléter la présente étude, il serait intéressant et souhaitable de:

- Caractériser les différents antioxydants, d'élucider leur mécanisme d'action et de tester l'activité des extraits *in vivo*.
- Evaluer la biodisponibilité des composés phénoliques des extraits de différentes graines des fruits, afin de prévoir leur effet sur la santé humaine.
- Réaliser des tests sur d'autres variétés et sur un nombre d'échantillons plus importants en appliquant des protocoles expérimentaux plus élaborés.
- Isoler et extraire des métabolites secondaires en particulier les composés phénoliques par d'autre méthodes performantes.

Références bibliographiques

- Al-Farsi M-A and Lee C-Y. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*, 108(3): 977-985.
- Amarowicz R., Troszyńska A., Baryłko-Pikielna N and Shahidi F. (2004). Extracts of polyphenolics from legume seeds – correlation between their total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. *Journal of Food Lipids*, 11:278-286.
- Anonyme, (2002). Statistiques agricoles: Superficies et productions. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Série A, 5-6.
- Aybastier O., Isık E., Sahin S and Demir C. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of antioxidant compounds from blackberry leaves using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 44: 558-565.
- Bachirbey M., Meziant L., Benchikh Y and Louaileche H. (2014). Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dried dark fig (*Ficus carica* L., var. Azenjar) total phenolic compounds and antioxidant activity. *International Food Research Journal*, 21(4): 1477-1482.
- Bahorun T. (1997). Substances naturelles actives: La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research*, 83-94.
- Bahorun T. (1998). Substances naturelles actives: La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *In Second Annual Meeting of Agricultural Scientists*, 83.
- Belguedj M. (2001). Caractéristiques des cultivars de dattes dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. INRAA. El-Harrach. Alger, N°11. 289.
- Benchikh Y and Louaileche H. (2014). "Effects of extraction conditions on the recovery of phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of carob (*Ceratonia siliqua* L) pulp". *Acta Botanica Gallica*, 161(2): 175-181.
- Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M and Pekmezci M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L) in Turkey. *Food Chemistry*, 100 :1453-1455.
- Boizot N and 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. Numéro spécial 2006 : Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, 79-82.
- Bourgaud F., Gravot A., Milesi S and Gontier E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 161:839-851.

Références bibliographiques

- Bourre J-M., Rashidi S and Delmas J-M. (2007). Valeur nutritionnelle du pruneau d'Agén. *Médecine et Nutrition*, 43(4):161-180.
- Bouzouita N., Khaldi A., Zgoulli S., Chebil L., Chekki R., Chaabouni M-M and Thonart P. (2007). The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia *Food Chemistry*, 101(4):1508-1515.
- Brand-Williams W., Cuvelier M-E and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol*, 28:25-30.
- Bravo L. (1998). Polyphénols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11): 317-333.
- Chaalal M., Touati N and Louaileche H. (2013). Extraction of phenolic compounds and in vitro antioxidant capacity of prickly pear seeds. *Acta Botanica Gallica*, 159(4): 467-475.
- Chen L., Ning L and Zong M-H. (2012). A glucose-tolerant B-glucosidase from *Prunus domestica* seeds: Purification and Characterization. *Process Biochemistry*, 47: 127-132.
- Chatzimarkou A., Chatzimitakos T., Kasouni A., Sygellou L., Avgeropoulos A and Stalikas C. (2017). Selective FRET-based sensing of 4-nitrophenol and cell imaging capitalizing on the fluorescent properties of carbon nanodots from apple seeds. *Sensors and Actuators B*, 4005: 11-182.
- Comhair S-A and Erzurum S-C. (2002). Antioxidant responses to oxidant-mediated lung diseases. *Am. J. Physiol*, 283 :L246-L255.
- DASA de Tlemcen. (2009). La distribution de caroubier en Algérie.
- Dehghanian F., Kalantaripour T-P., Esmailpoura K., Elyasic L., Oloumid H., Mehdi Poura F and Asadi-Shekaaria M. (2017). Date seed extract ameliorates b-amyloid induced impairments in hippocampus of male rats. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 89: 221-226.
- Delattre J., Beaudoux J-L and Bonnefont-Rousselot D. (2005a). Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques, 1- 23.
- Delattre J., Beaudoux J-L and Bonnefont-Rousselot D. (2005b). Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques, 60-80.
- Delattre J., Beaudoux J-L and Bonnefont-Rousselot D. (2005c). Radicaux libres et stress oxydant, Aspects biologiques et pathologiques. 87-108.
- Djerbi M. (1994). Récolte des dattes. Précis de phéniculture, FAO, Tunis. 101-109.

Références bibliographiques

Dowson V-H-W., Aten A. (1963). Composition et maturation. Récolte et conditionnement des dattes. FAO, Rome, 10(43): 229-243.

El-Agamey A., Gordon M., Lowe H., David J., McGarvey A-M., Denise M-P-T., George T and Andrew J-Y. (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 37-48.

El Aloui M., Laamouri A., Albouchi A and Hasnaoui B. (2010). Variabilité morphologique de quatre écotypes de *Ziziphus ziziphus* (L.) Karst en Tunisie (poster) 1^{er} colloque international sur les ressources Sylvopastorales et Développement Durable en Méditerranée, Tabarka.

El Kossori R-L., Villaume C., El Boustani E., Sauvaire Y and Méjean L. (1998). Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus-indica* sp). *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, 52: 263-270.

El Nemr A., Khaled A., Abdelwahab O., El-Sikaily A. (2007). Treatment of wastewater containing toxic chromium using new activated carbon developed from date palm seed. *J. Hazard. Mater.* doi:10.1016/j.jhazmat.06.091.

Esteki T and Urooj A. (2012). Phytochimicale profile and antioxidant potential of Different Tissues of *Ziziphus jujube* mille. *International journal of Food Nutrition and Safety*, 1(3): 115-144.

Evans P and Halliwell B. (1999). Free radicals and hearing: Cause, consequence, and criteria. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 884: 19-40.

Fadili M and Clone R. (2000). Étude des caractéristiques physico-chimiques des figues de barbarie de la variété El KELAA DES SRAGHNA. *Actes de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus*.

FAOSTAT. (2012). La distribution du caroubier dans toute la région du bassin méditerranéen.

Favier A. (2003). Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 108-117.

Fadel A-H-I., Kamarudin M-S., Romano N., Ebrahimi M., Cheroos S and Samsudin A-A. (2017). Carob seed germ meal as a partial soybean meal replacement in the diets of red hybrid tilapia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 43: 337-343.

Flores G., Blanch G-P and Del Castillo M-L-R. (2018). Abscisic acid treated olive seeds as a natural source of bioactive compounds. *LWT - Food Science and Technology*, 90: 556-56.

Références bibliographiques

- Gast M., Chaker S. (2004). « Jujubier ». In Salem Chaker (dir.). 26 | Judaïsme Kabylie, Aix-en-Provence, Edisud. Vol 26. [En ligne]. Mis en ligne le 01 juin 2011. Consulté le 02 février 2017.
- Gaussorgues R. (2009). L'olivier et son pollen dans le bassin méditerranéen. Un risque allergique. *Revue française d'allergologie*, 49: 2-6.
- George S., Brat P., Alter P and Amiot M.-J. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant derived products. *J Agric Food Chem*, 53: 1370-1373.
- Górnaś P., Segliņa D., Lācis G., Pugajeva I. (2014). Dessert and crab apple seeds as a promising and rich source of all four homologues of tocopherol (α , β , γ and δ). *LWT-Food Science and Technology*. doi: 10.1016/j.lwt.05.006.
- Gülçin I. (2012). Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology*, 86(3): 345-391.
- Grigoraş C.-G. (2012). Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Sciences agricoles. Université d'Orléans, 15 et 98.
- Habibi Y. (2004). Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique. Thèse soutenue en vue d'obtention du grade de Docteur de l'université Joseph Fourier et l'université Cadi Ayyad.
- Haleng J., Pincemail J., Defraigne O.-J., Charlier J., Chapelle, P.-J. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liege*, 62(10): 628-638.
- Hennebelle T. (2006). Investigation chimique, chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants. Chimie Organique et Macromoléculaire. Doctorat, 303.
- Hinneburg I., Dorman H.-J.-D., Hiltunen R. (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chemistry*, 97: 122-129.
- Jiri S., Marketa R., Olga K., Petr S., Vojtech J., Libuse T., Ladislav H., Miroslava B., Josef Z., Ivo P and Rene K. (2010). Protocols for Determination of Antioxidant Activity: Advantages and Disadvantages. *Molécules. Fully Automated Spectrometric*, 15: 8618-8640.
- Lecheb F. (2010). Extraction et caractérisation physico-chimique et biologique de la matière grasse du noyau des dattes: essai d'incorporation dans une crème cosmétique de soin. Génie Alimentaire. Université M'Hamed Bougara Boumerdès, 74 et 112.

Références bibliographiques

- Manner H-I., Buker R-S., Easton Smith V and Elevitch C-R. (2005). Citrus species (Citrus), ver .1.1. In: Eleviche (Ed). Species profiles for Pacific Island Agroforestry. *Permanent Agriculture Resources (PAR)*. Holualoa, Hawaii, 31.
- Munier P. (1973). Le jujubier et sa culture. *Fruits*. IFAC, 28(5): 377-388.
- Montañés F., Catchpole O-J., Tallon S., Mitchell K-A., Scott D and Webby R-F. (2018). Extraction of apple seed oil by supercritical carbon dioxide at pressures up to 1300 bar. *The Journal of Supercritical Fluids*.
- Moulehi I., Bourgou S., Ourghemmi I., Tounsi M and Saidani. (2012). Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (Citrus reticulata Blanco) and bitter orange (Citrus aurantium L) seeds extracts. *Industrial Crops and Products*, 39: 74-80.
- McCall M-R., Frei B. (1999). Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans? *Free Radical Biology and Medicine*, 26(7-8): 1034-1053.
- Molyneux P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26: 211-219.
- Nunes C., Guyot S., Marnet N., Barros A-S., Saraiva J-A., Renard C-M-G-C and Coimbra M-A. (2008). Characterization of plum procyanidins by thiolytic depolymerization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13): 5188-5196.
- Ndir B., Lognay G., Wathélet B., Cornelius C., Marlier M and Thonart P. (2000). Composition chimique du netetu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, (4, 5). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 4(2): 101-105.
- Polese J-M. (2008). La culture des agrumes. Ed. Artemis. Paris, 12-13.
- Packer L., Kraemer K and Rimbach G. (2001). Molecular aspects of lipoic acid in the prevention of diabetes complications. *Nutrition*, 17(10): 888-895.
- Pan Y., Wei L., Zhu Z., Liang Y., Huang C., Wang H and Wang, K. (2012). Processing of *Siraitia grosvenori* leaves: Extraction of antioxidant substances. *Biomass and Bioenergy*, 419-426.
- Pincemail J. (1998). Espèces oxygénées en médecine humaine: une approche didactique. *Vaisseaux, Cœur, Poumon*, 3: 8-133.
- Ramadan M-F and Mörsel J-T. (2003). Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* L Mill] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. *Food Chemistry*, 83 : 447-456.
- Rejeb M-N. (1995). Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration, in

Références bibliographiques

Quel avenir pour l'amélioration des plantes. Edit. Aupelf-Uref. *John Libbey Eurotext, Paris*, 79-85.

Retsky K-L., Chen K., Zeind J and Frei B. (1999). Inhibition of copper-induced LDL oxidation by vitamin C is associated with decreased copper-binding to LDL and 2-oxohistidine formation. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(1-2): 90-98.

Rezaire A. (2012). Activité antioxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse de Doctorat.

Rolli K. (1991). Plantes d'Afrique du Nord. Dent. G. Zesell Fur. Techni. Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, 62-63.

Safir N and Daoudi K. (2015). L'étude de comportement d'une variété de pommier (Golden delicious) vis-à-vis des paramètres climatiques dans la zone montagnarde de Benchicao (Média). *Gestion Qualitative des Productions Agricoles*. Université Djilali Bounaama, 4-5.

Schroeter H., Boyd C., Spencer J-P-E., Williams R-J., Cadenas E and Rice-Evans C. (2002). "MAPK signaling in neurodegeneration: Influences of flavonoids and of nitric oxide." *Neurobiology of Aging*, 23(5): 861-880.

Sidina M-M., El Hansali M., Wahid N., Ouattmane A., Boulli A and Haddioui A. (2009). Fruit and seed diversity of domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L) in Morocco. *Scientia Horticulturae*, 123: 110-116.

Su B-N., Cuendet M., Farnsworth N-R., Fong H-H-S., Pezzuto J-M and Kinghorn A-D. (2002). Activity-guided fractionation of the seeds of *Ziziphus jujube* using a cyclooxygenase-2 inhibitory assay. *Planta Med*, 68(12): 1125-1128.

Sumaya-Martinez M-T. (2004). Valorisation d'hydrolysats de coproduits de crevettes: étude de l'activité antiradicalaire et antioxydante, fractionnement des substances actives et effet de la glycation. *Microbiologie*. Doctorat, 188.

Sun B-J-M., Richardo-da-Silva I and Spranger J. (1998). Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Agric. Food Chemistry*, 46: 4267-4274.

Svoboda K and Svoboda T. (2000). Secretory structures of aromatic and medicinal plants. Ed: Microscopix Publications, 7-12.

Serge S. (2012). Olivier. Espagne. Plume de carotte. 25. ISSN, 2110-0608.

Références bibliographiques

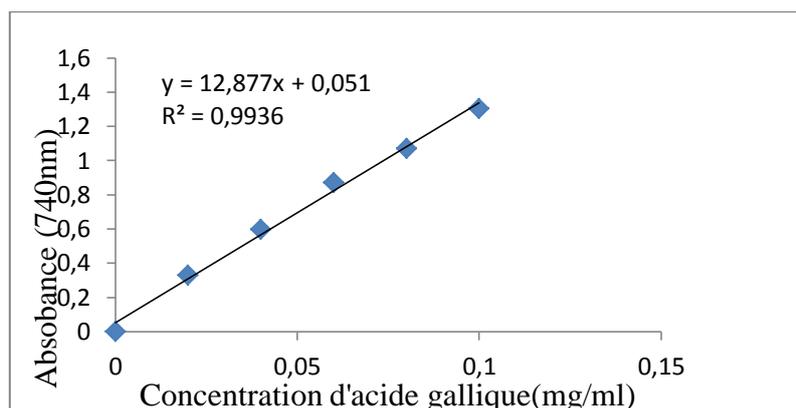
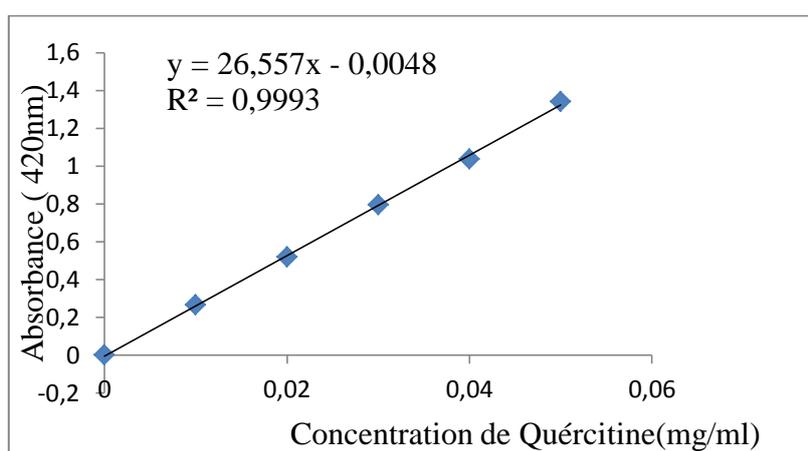
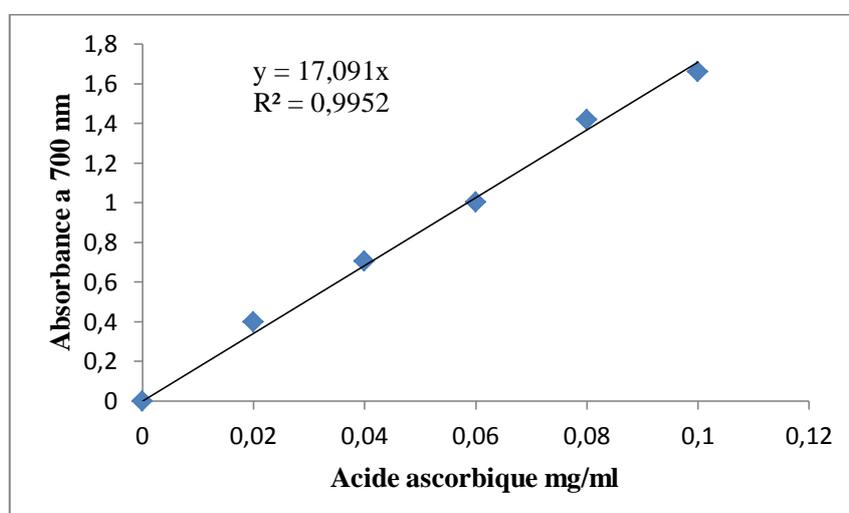
Valko M., Rhodes C-J., Moncol J., IzakovicetM andMazur M. (2006).Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer.*Chemico-Biological Interactions*, 160(1): 1-40.

Villanueva R-V., Moreno M-L., Carmena M-J and MarinaM-L andGarcía, M-C.(2018).In vitro antitumor and hypotensive activity of peptides from olive seeds. *Journal of Functional Foods*, 42: 177-184.

Veerabadran U., Venkatraman A., Souprayane A., Narayanasamy M., Perumal D., Elumalai S., Sivalingam S., Devaraj V and Perumal A. (2013).Evaluation of antioxidant potential of leaves of *Leonotisnepetifolia*and its inhibitory effect on MCF7 and Hep2 cancer cell lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(2): 103-110.

Yildirim A., Oktay M., Bilatoglo V. (2001).The Antioxidant Activity of the Leaves *Cydonia vulgaris*. *Turkish Journal of Medical Sciences*,31:23-27.

Ying X., Mingtao F., Junjian R., TingjingZ.,Huiye S., Mei D.,Zhe Z andHaiyanZ.(2016). Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23: 379-388.

Annexes 1 : Courbes d'étalonnages utilisées pour le calcul des teneurs en composés phénoliques totaux, flavonoïdes, pranthocyanidines, pouvoir réducteur.**Figure A :** Courbe d'étalonnage des composées phénoliques.**Figure B :** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.**Figure C :** Courbe d'étalonnage avec l'acide ascorbique pour l'évaluation du pouvoir réducteur.

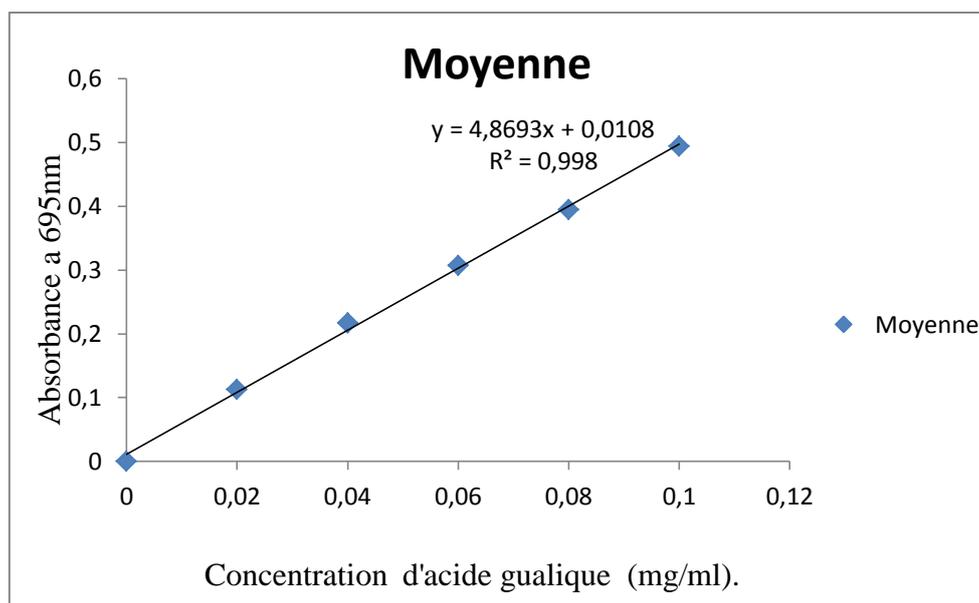


Figure D : Courbe d'étalonnage de méthode phosphomolybdate.

Résumé

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des graines de quelques fruits : *Opuntia ficus-indica* L, *Ziziphus jujuba*, *Ceratoniasiliqua*, *Olea europaea* L, *Malus sylvestris*, *Citrus reticulata*, *Phoenix dactylifera* L, *Citrus sinensis*, *Prunus domestica*. La méthode d'extraction assistée aux ultrasons a été utilisée pour l'extraction des composés phénoliques puisque elle offre de nombreux avantages par rapport aux autres techniques d'extraction. L'extraction des antioxydants (composés phénoliques, flavonoïdes et proanthocyanidines) est effectuée en utilisant l'éthanol 60% et acétone 60%. Permet de doser ces derniers et de déterminer leurs activités antioxydante et antiradicalaire par quatre méthodes (pouvoir réducteur et activité antiradicalaire DPPH, ABTS et activité antioxydante au phosphomolybdate). Les résultats des dosages des antioxydants montrent que la teneur la plus élevée en composés phénoliques totaux, flavonoïdes et les tanins condensés, est obtenue par les extraits acétoniques des dattes (7375,01 mg EAG/100g MS, 1000,07 mg EQ/100g MS, 865,12 mg EC3G/100g MS respectivement). Les valeurs de pouvoir réducteur, activité antioxydante au phosphomolybdate, activité antiradicalaire DPPH et ABTS sont meilleures avec les extraits acétoniques pour la majorité des extraits des graines. Pour la plus part des échantillons le meilleur solvant d'extraction est l'acétone 60%. Pour la majorité des paramètres testés les extraits acétoniques de la datte sont plus riches par rapport aux autres échantillons.

Mots clés : graines des fruits, composés phénoliques, activités antioxydante, activités antiradicalaire, ultrasons.

Abstract

The present study is part of the valuation of the seeds of some fruits: *Opuntia ficus-indica* L, *Ziziphus jujuba*, *Ceratoniasiliqua*, *Olea europaea* L, *Malus sylvestris*, *Citrus reticulata*, *Phoenix dactylifera* L, *Citrus sinensis*, *Prunus domestica*. The ultrasound-assisted extraction method has been used for the extraction of phenolic compounds since it offers many advantages over other extraction techniques. Extraction of antioxidants (phenolic compounds, flavonoids, proanthocyanidins) is carried out using 60% ethanol and 60% acetone. Allows dosing of these and their antioxidant and antiradical activities by four methods (reducing power and antiradical activity DPPH, ABTS and phosphomolybdate antioxidant activity). The results of the antioxidant assays show that the highest content of total phenolics, flavonoids and condensed tannins, is obtained by the acetonic extracts of dates (7375.01 mg EAG / 100g MS 1000.07 mg EQ / 100g MS, 865.12 mg EC3G / 100g MS respectively). The values of reducing power, phosphomolybdate antioxidant activity, DPPH and ABTS antiradical activity are better with the acetone extracts for the majority of the seed extracts. For most of the samples, the best extraction solvent is 60% acetone. The majority of the parameters tested the acetonic extracts of the date are richer compared to the other samples.

Key words: fruit seeds, phenolic compounds, antioxidant activities, recreational activities, ultrasound.

ملخص

هذه الدراسة هي جزء من تقييم بذور بعض الفواكه: تين شوكي، العناب، خروب، زيتون، تفاح، مندرين، تمر، برتقال، برقوق. وقد استخدمت طريقة الموجات فوق الصوتية لاستخراج المركبات الفينولية لأنه يوفر مزايا عديدة أكثر من تقنيات الاستخراج الأخرى. يتم استخراج مضادات الأكسدة (مركبات الفينول، مركبات الفلافونويد، بروانثوسيانيدين) باستخدام الإيثانول 60% و الأسيتون 60%. وتحديد مضادات الأكسدة وأنشطتها لمكافحة و نشاط مضادات الأكسدة الفوسفوموليبدي (DPPH, ABTS) الراديكالية باستخدام أربعة أساليب (الحد من قوة النشاط الكسح الجذري تظهر نتائج فحص المواد المضادة للأكسدة أن أعلى نسبة إجمالي الفينول، مركبات الفلافونويد و بروانثوسيانيدين، تم الحصول عليها من خلال مستخلص أسيتون التمور (7375.01 ملغ / 100 غ معادل حمض قاليك، 1000.07 ملغ / 100 غ معادل حمض كرسنين، 865.12 معادل سياندين 3 جلوكوزلي على التوالي)

قيم الحد من قوة النشاط المضاد للأكسدة الفوسفوموليبدي، النشاط الكسح الجذري DPPH, ABTS هي الأفضل مع مستخلص الأسيتون لغالبية مستخلصات البذور. أفضل مذيب للاستخلاص هو الأسيتون 60%. يعتبر مستخلص أسيتون التمور الأعلى من حيث جميع المركبات المدروسة مقارنة مع عينات البذور الأخرى.

الكلمات المفتاحية: بذور الفاكهة، المركبات الفينولية، الأنشطة المضادة للأكسدة، الأنشطة الترفيهية، الموجات فوق الصوتية.