

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
Département des Sciences Alimentaires.
Filière : Sciences Biologiques.
Spécialité : Sciences Alimentaires.
Option : Corps Gras.



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Evolution des caractéristiques physico-chimiques et propriétés antioxydantes d'une préparation à base d'huile d'olive et de figue

Présenté par : *Melles*

BRAHAMI Warda

LREMIZI Imane

Soutenu le : 24 Juin 2017

Devant le jury composé de :

M^r TAMENDJARI Abderezzak
M^{me} DEFLAOUI Lila
M^r KATI Djamel-Eddine

President.
Examinatrice.
Encadreur.

Promotion 2016 / 2017

Remerciements

Remerciements

Louange à DIEU, Seul, qui nous a donné la force et qui a guidé nos pas pour effectuer ce travail. Seule, Sa foi, nous a inspiré et conforté afin d'atteindre ce but.

Nous exprimons notre profonde gratitude à nos parents pour leurs encouragements, leurs soutiens et pour les sacrifices qu'ils ont enduré. Une pensée, toute spéciale, à nos grands-parents qui nous ont accompagnés, par leurs vœux, tout au long de nos études.

Nous tenons à remercier *Mr KATI DJAMEL-EDDINE* d'avoir accepté de nous encadrer et pour lui exprimer toutes nos reconnaissances pour la confiance et pour ses conseils précieux qu'il nous a prodigué tout le long de notre travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à *Mr BACHIR-BEY MUSTAPHA, Melle DJAOUDANE OUARDA* et *Mr BOUKHALFA FARID*, pour leurs soutiens et leurs encouragements pendant tout le temps qu'il a fallu pour réaliser cette œuvre.

Nos remerciements vont également à tous nos Enseignants du Département Alimentation et Nutrition, ainsi qu'à nos amis et camarades, en particulier, la promotion de l'ingénierie de la technologie des corps gras 2016/2017.

A tous, nous leur disons merci et qu'ils trouvent, ici, l'expression de notre profonde gratitude.

IMANE & WARDA.



Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Partie bibliographique

Généralité sur l'huile d'olive et la figue

1. Huile d'olive.....3

1.1 Définition de l'huile d'olive.....3

1.2 Production d'huile d'olive.....3

1.3 Classification des huiles d'olive.....3

1.4 Composition chimique de l'huile d'olive.....4

1.4.1 Fraction saponifiable.....5

1.4.2 Fraction insaponifiable.....6

1.5 Conservation de l'huile d'olive.....7

1.6 Bienfaits de l'huile d'olive.....8

2. Figue.....9

2.1 Origine.....10

2.2 Production mondiale de la figue.....10

2.3 Composition et valeur nutritive.....11

2.4 Conservation des figues.....12

2.5 Utilisation de la figue.....13

2.6 Effets thérapeutiques de la figue.....	13
3. Mélange huile d'olive- figue sèche.....	15

Partie expérimentale

1. Matériels et méthodes

1.1 Matériel Végétal.....	16
1.2 Préparation de la macération.....	16
1.3 Détermination des caractères physicochimiques de l'huile d'olive.....	16
1.3.1 Acidité libre.....	16
1.3.2 Indice de peroxyde.....	17
1.3.3 Absorbance spécifique dans l'ultraviolet.....	17
1.4 Caractérisation physicochimique des figes sèches.....	18
1.4.1 Taux d'humidité.....	18
1.4.2 Acidité titrable.....	18
1.4.3 Dosage des glucides.....	19
1.5 Extraction des poly phénols.....	19
1.5.1 Extraction liquide- liquide de l'huile.....	19
1.5.2 Extraction solide-liquide des figes.....	19
1.6 Analyse quantitative.....	20
1.6.1 Dosage des composés phénoliques totaux.....	20
1.6.2 Dosage des flavonoïdes.....	20
1.6.3 Dosage des caroténoïdes de l'huile d'olive.....	20
1.6.4 Dosage des caroténoïdes des figes sèches.....	21
1.7 Etude de l'activité antioxydante.....	21
1.7.1 Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH.....	21
1.7.2 Mesure du pouvoir réducteur.....	22

1.8 Analyse statistique.....	22
2. Résultats et discussions.....	23
2.1 Caractérisation physico-chimique de l'huile d'olive.....	23
2.1.1 Acidité libre.....	23
2.1.2 L'indice de peroxyde.....	24
2.1.3 Absorbance spécifique dans l'ultraviolet.....	25
2.2 Caractérisation physico-chimique de la figue sèche.....	26
2.2.1 Acidité titrable.....	26
2.2.2 Humidité.....	27
2.2.3 Teneurs en glucides.....	28
2.3 Teneurs en composés bioactifs et activités antioxydante.....	29
2.3.1 Teneur en composés bioactifs.....	29
2.3.1.1 Composés phénoliques.....	29
2.3.1.2 Flavonoïdes.....	30
2.3.1.3 Caroténoïdes.....	32
2.3.2 Activité antioxydante.....	34
2.3.2.1 Pouvoir de piégeage du radical DPPH.....	34
2.3.2.2 Pouvoir réducteur.....	35
3.4 Analyse des corrélations.....	37
Conclusion.....	38
Références bibliographique	
Annexes	
Résumé	



*Liste des
abréviations*

Liste des abréviations

ppm: Partie par million

COI: Conseil oléicole international

°C: Degré Celsius

LDL: Lipoprotéines de faible densité

ω6: Oméga 6

CEE: Communauté économique européenne

FAO: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

tpm: Tours par minute

MS: Matière sèche

EQ : Equivalent de quercétine

EAG : Equivalent d'acide galique

HOV: Huile d'olive vierge

FS: Figue sèche

HO-FS_{20J}: Huile d'olive- figue sèche après 20 jours

HO-FS_{40J}: Huile d'olive- figue sèche après 40 jours

FS-HO_{20J}: Figue sèche-huile d'olive après 20 jours

FS-HO_{40J}: Figue sèche-huile d'olive après 40 jour



***Liste des
Figures***

Liste des figures

Figure 1: Caractéristiques morphologiques de la figue.....	9
Figure 2: Evaluation de l'acidité de l'huile d'olive.....	23
Figure 3: Evaluation de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive	24
Figure 4: Evolution du coefficient d'absorption spécifique à 232 et 270 nm de l'huile d'olive échantillons étudiés.....	25
Figure 5: Evolution de l'acidité de la figue sèche avant et après macération.....	26
Figure 6: Evolution du taux d'humidité de la figue sèche avant et après macération.....	27
Figure 7: Evolution du taux de glucides de la figue sèche avant et après macération.....	28
Figure 8: Evolution en composés phénolique de l'huile d'olive	29
Figure 9 : Evaluation des polyphénols totaux de la figue sèche avant et après macération....	30
Figure 10: Evolution des flavonoïdes de l'huile d'olive.....	31
Figure 11: Evolution des flavonoïdes de la figue sèche avant et après macération.....	31
Figure 12: Evolution des caroténoïdes de l'huile d'olive avant et après macération.....	32
Figure 13: Evolution du dosage en caroténoïdes de la figue sèche des échantillons étudiés..	33
Figure 14: Activité anti-radical DPPH° de l'huile d'olive des échantillons étudiés.....	34
Figure 15: Evolution du pouvoir anti-radicalaire de la figue sèche avant et après macération vis-à-vis le DPPH°	35
Figure 16: Pouvoir réducteur de l'huile d'olive avant et après macération.....	35
Figure 17: Pouvoir réducteur de la figue sèche avant et après macération.....	36

Liste des figures en annexe

Figure 1 : formule de quelques alcools, acides phénols et flavonoïdes.....	annexe 2
Figure 2 : Structure des tocophérols.....	annexe 2
Figure 3: courbe d'étalonnage des caroténoïdes.....	annexe 3
Figure 4: courbe d'étalonnage des flavonoïdes.....	annexe 3
Figure 5: courbe d'étalonnage des composés phénoliques.....	annexe 3
Figure 6: courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.....	annexe 4

Figure 7: courbe d'étalonnage des glucides..... annexe 4

Figure 8: Corrélation entre la teneur en composés phénoliques, le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire de l'huile d'olive.....annexe 5

Figure 9: Corrélation entre la teneur en composés phénoliques, le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire des figes sèches.....annexe 5

Figure 10: Corrélation entre la teneur en flavonoïdes, le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire de l'huile d'olive.....annexe 6

Figure 11: Corrélation entre la teneur en flavonoïdes, le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire des figes sèches.....annexe 6



***Liste des
tableaux***

Liste des tableaux

Tableau 1: classification de l'huile d'olive.....	4
Tableau 2: composition en acide gras d'une huile d'olive.....	5
Tableau 3: production des figues en tonne des principaux pays dans le monde.....	11
Tableau 4: Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels.....	12

Liste des tableaux en annexe

Tableau 1 : répartition de la production mondiale d'huile d'olive.....	annexe 1
Tableau 2 : répartition de la consommation mondiale d'huile d'olive.....	annexe 1



Introduction

Introduction

Depuis l'antiquité, certaines plantes étaient vénérées pour des vertus qu'on leur avait reconnues. Personne ne cherchait à savoir, pourquoi ou comment, elles agissaient, mais c'était un fait incontesté et qui paraissait magique. En effet, il est étonnant qu'une feuille, une fleur ou une racine puisse guérir, ou tout au moins, soulager un état maladif ou des troubles organiques.

En Algérie, la pratique de la médecine, par les plantes, à toujours existé, en raison de la diversité de la flore, qui est riche en plantes et particulièrement en plantes médicinales, car de nombreuses plantes sont employées.

L'huile d'olive, représente la principale source de matière grasse dans les pays du bassin méditerranéen (**Gargouri et al., 2013**). Connue, depuis longtemps, comme ingrédient essentiel pour l'alimentation des populations, et avec un grand impact sur leur santé et leur bien-être.

De nos jours, elle est largement appréciée pour ses avantages nutritionnels liés à la teneur élevée en acide oléique, en plus des antioxydants naturels, importants, dans la prévention de nombreuses maladies (**Visioli et Galli, 2001; Cicerale et al., 2009**).

Cependant, la figue et le figuier ont depuis toujours fait l'objet de nombreux mythes. Extrêmement productif, cet arbre majestueux et son fruit symbolisent souvent la richesse et la fécondité.

La figue, par ses propriétés thérapeutiques et nutritives, était également parmi les fruits les plus importants dans l'alimentation des anciennes civilisations du bassin méditerranéen. Notre Seigneur, Dieu, a attribué à ce fruit des substances requises ; un fruit délicieux à manger, déjà conditionné et dont la composition est idéale pour la santé humaine. La façon dont ce bienfait très spécial est mentionné par Dieu dans le Coran indique l'importance de la figue pour les êtres humains.

La valeur nutritionnelle de la figue n'a été établie qu'avec les progrès de la médecine et de la biotechnologie.

En effet, l'olivier et le figuier appartiennent aujourd'hui à la trilogie des plantes traditionnelles, avec la vigne, non seulement à cause de son importance économique, mais aussi, surtout pour leurs hautes valeurs nutritionnelles de ces fruits, qui représentent une excellente source d'antioxydants (**Rigide, 2002 ; Visioli, 1995**).

C'est pourquoi, ces espèces doivent figurer dans le programme de recherche pour intégrer et mériter la place qui leur revient.

Dans le but d'étudier l'effet de macération sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques, les teneurs en composés bioactifs et les activités antioxydantes de l'huile d'olive et les figes sèches de variété noire, notre travail s'articulera sur deux grandes parties.

La première partie, résumera les données bibliographiques sur l'huile d'olive et la figue sèche.

La deuxième partie, englobera l'étude expérimentale qui s'organisera comme suite :

- Présentation des méthodes suivies par l'analyse des différents paramètres physico-chimiques et la détermination de deux activités antioxydantes (anti-radicalaire et le pouvoir réducteur) de l'huile d'olive et de la figue sèche avant et après macération.

- Présentation des différents résultats obtenus, leurs discussions et l'évaluation des corrélations existantes entre les différents paramètres analysés.

En fin, une conclusion ponctuera notre travail.



*Partie
bibliographique*



*Généralités sur
l'huile d'olive et
la figue*

1. Huile d'olive

1.1 Définition de l'huile d'olive

L'huile d'olive est l'huile provenant uniquement du fruit de l'olivier (***Olea europaea sativa Hoffm., & Link***) à l'exclusion des huiles obtenues par solvant ou par des procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (**COI, 2010**).

1.2 Production d'huile d'olive

Parmi les principaux pays producteurs européens, seule l'Espagne a une production d'huile d'olive très significativement élevée (**Annexe 1, tableau1**). Les principaux pays producteurs sont également les principaux consommateurs de cette huile (**Annexe 1, tableau2**).

L'huile d'olive est principalement un produit méditerranéen, tant pour ce qui est de sa production que pour sa consommation. Cette production millénaire joue un rôle important dans l'économie de ce bassin et elle fait également partie de sa culture et de son régime alimentaire.

L'Algérie fait partie des pays du pourtour méditerranéen dont le climat est le plus favorable à la culture de l'olivier. Elle se positionne après l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie qui sont, par ordre d'importance, les plus gros producteurs au monde d'huile d'olive.

1.3 Classification des huiles d'olive

Différents critères permettent de diviser les huiles en différentes sous-catégories.

Tableau 1: Classification de l'huile d'olive (**Codex Alimentarius, 1989**)

Huile Paramètre	Huile d'olive vierge extra	Huile d'olive vierge	Huile d'olive vierge courante	Huile d'olive vierge lampante	Huile d'olive raffinée	Huile d'olive
Caractéristiques Organoleptiques						
✓ Fruité	Me >0	Me >0	Me = 0			
✓ Défaut	Me = 0	0 < Me <2,5	2,5 < Me <6,0	Me > 6,0		
Densité relative (à 20°C)	/	/	0,910-0,916	/	0,910- 0,916	/
Acidité libre (% d'acide oléique)	≤ 0,8	≤ 2	≤ 3,3	> 3,3	0,3	≤1
Indice de peroxyde (meq O₂/Kg)	≤ 20	≤ 20	≤ 20	Non limité	<5	<15
Extinction spécifique (UV)						
✓ K232	≤ 2.5	≤ 2.6		/	/	< 0,15
✓ K270	≤ 0.22	≤ 0.25	≤ 0.3	/	≤1,1	0,9

1.4 Composition chimique de l'huile d'olive

L'huile d'olive vierge est un système chimique complexe constitué de plus de 250 composés (**Kiritsakis, 1993 ; Angerosa et al., 2004**). La composition de l'huile d'olive change selon la variété, les conditions climatiques et l'origine géographique.

Les constituants de l'huile d'olive sont souvent classés en deux catégories :

- ✓ substances saponifiables (triglycérides, acides gras,) (de 96 à 98% de l'huile) ;
- ✓ substances insaponifiables (de 2 à 4% de l'huile).

1.4.1 Fraction saponifiable

La fraction saponifiable est constituée d'acides gras et de leurs dérivés. Elle représente environ 99% de l'huile et lui confère la plupart de ses caractéristiques physiques, chimiques et métaboliques (Ryan *et al.*, 1998).

Acides gras

La composition en acides gras de l'huile d'olive joue un rôle important au niveau de sa qualité nutritionnelle. L'abondance de l'acide oléique, un acide gras mono-insaturé, est la caractéristique qui définit l'huile d'olive en dehors des autres huiles végétales (Perrin, 1992). La variabilité en acides gras est relativement importante, mais en moyenne, l'huile d'olive vierge se compose de 72% d'acides gras mono insaturés (AGMI), 14% d'acides gras polyinsaturés (AGPI), représentés majoritairement par l'acide linoléique et 14% d'acides gras saturés (AGS) (Benrachou, 2013).

Tableau 2: composition en acide gras d'une huile d'olive

Acide gras	Formule brute	Ollivier et coll.		Codex alimentarius	
		(2003)	(%)	(1989)	(%)
Acide myristique	C14:0	Tr		<0,1	
Acide palmitique	C16:0	7,5-15,6		7,5-20	
Acide sapiénique	C16:1n-9	0,1-0,2		0,3-3,5	
Acide palmitoléique	C16:1n-7	0,3-1,9			
Acide margarique	C17:0	<0,3		<0,5	
Acide margaroléique	C17:1n-8	<0,5		<0,6	
Acide stéarique	C18:0	1,4-3,4		0,5-5	
Acide oléique	C18:1n-9	60,9-82,1		55-83	
Acide vaccénique	C18:1n-7	0,7-3,6		-	
Acide linoléique	C18:2n-6	4,5-16,1		3,5-21	
Acide α -linoléique	C18:3n-3	0,4-1,2		<1,5	
Acide arachidique	C20:0	0,3-0,5		<0,8	
Acide gadoléique	C20:1n-9	0,2-0,5		-	
Acide béhénique	C22:0	<0,2		<0,2	
Acide lignocérique	C24:0	<0,1		<1	

C_x:y_n-z où x est le nombre de carbones, y le nombre de double liaisons, z la position de la double liaison en partant du méthyle terminal. tr = traces.

Les glycérides

Les triglycérides sont les composants majoritaires de l'huile d'olive (95,4 %), les diglycérides ne représentent qu'environ 1-2,8 % (Zarrouk *et al.*, 1996; Boskou *et al.*, 2006). Les principaux triglycérides de l'huile d'olive sont : la trioléine « OOO » (40 à 60 %), la dioléopalmitine « POO » (10 à 20 %), la dioléolinoléine « OOL » (10 à 20 %), la palmitooléolinoléine « POL » (5 à 7 %) et la dioléostéarine « SOO » (3 à 7 %) (Ryan *et al.*, 1998; Boskou *et al.*, 2006).

1.4.2 Fraction insaponifiable

Composés phénoliques

Si les acides gras représentent la très grande majorité de la composition de l'huile d'olive en terme de masse, les composés mineurs tels que les composés phénoliques jouent un rôle très important dans la caractérisation des huiles et pour leur intérêt nutritionnel (Visioli, 1998 ; Brenes, 2002). L'huile d'olive contient des composés phénoliques simples et complexes qui augmentent sa stabilité et lui confère des propriétés antioxydantes et modulent sa saveur (Fedeli, 1977). Les composés phénoliques contribuent fortement au goût piquant, à l'astringence et à l'amertume des huiles (Brenes, 2000). Mais si les composés phénoliques sont aujourd'hui au centre de nombreuses études, c'est surtout pour leur potentiel en matière de prévention de la santé humaine (Vierhuis, 2001 ; Garcia, 2010).

Tocophérols

Les tocophérols sont reconnus pour leur double action bénéfique. En effet, ils ont tout d'abord l'atout d'être une vitamine (vitamine E) et ils ont également une forte activité antioxygène (Burton, 1986). La teneur totale en tocophérols dans les huiles d'olive est très variable puisqu'elle a été reportée dans une gamme allant de quelques mg à 450 mg/kg d'huile (Gutierrez, 1999 ; Boskou, 2006) L'alpha-tocophérol représente à lui seul 90% de la totalité des tocophérols (Sherwin, 1976), mais on trouve également un peu de beta et gamma tocophérols, alors que le delta tocophérol n'est présent qu'à l'état de traces (Psomiadou, 2000).

Stérols

Les stérols sont des constituants essentiels des membranes cellulaires. On les trouve aussi bien chez les animaux que chez les végétaux. Tous les stérols ont en commun le même noyau et ils diffèrent par leur chaîne latérale. La quantité totale de stérols dans l'huile d'olive extra vierge varie de 113 à 265 mg/100 g (**Joaquin, 2002**). Parmi les facteurs, qui influent sur cette teneur, figurent la variété des olives et leur degré de maturité (**Gutierrez et al., 1999**). Dans l'huile d'olive, le principal stérol, est le β -sitostérol.

Hydrocarbures

Le principal hydrocarbure de l'huile d'olive est le squalène. Celui-ci apparaît dans la voie de la biosynthèse du cholestérol. L'huile d'olive extra vierge contient du squalène à raison d'environ 400-450 mg/100g ; tandis que l'huile d'olive raffinée en contient 25% de moins (**Joaquin, 2002**). Le squalène présente un effet protecteur à des faibles températures et à l'obscurité (**Ower, 2000**).

Pigments

Les caroténoïdes et les chlorophylles sont les principaux pigments trouvés dans les huiles végétales. Dans les huiles d'olive, les principales composantes des fractions de caroténoïde et de chlorophylle sont la lutéine et Pheophytine, respectivement. L'huile d'olive vierge a une couleur de vert-jaune tirant vers l'or. La teneur totale en pigments des huiles d'olive est un paramètre de qualité important car il est en corrélation avec la couleur, qui est le premier attribut de l'huile d'olive vierge évaluée par les consommateurs (**Gargouri et al., 2013**). En outre, la présence des pigments naturels sont pertinents pour la nourriture ainsi que pour la stabilité du produit. Les caroténoïdes sont des protecteurs solides contre la photo- oxydation.

Composés aromatiques

Les composés aromatiques sont répartis en aldéhydes, alcools, esters, hydrocarbures et cétones. Plus de 70 molécules composent la fraction volatile des huiles d'olive. Elles confèrent le goût et les arômes particuliers des huiles (**Angerosa, 2002**).

1.5 Conservation de l'huile d'olive

Les normes imposées par le **COI** sont très pointilleuses sur le conditionnement des huiles d'olive car sa fraîcheur est une qualité très prioritaire.

Les Récipients utilisés pour la conservation de l'huile d'olive doivent être en bon état, étanche et inerte.

Bien qu'elle soit plus stable que la plupart des huiles de graines, l'huile d'olive doit être conservée dans de bonnes conditions : à l'abri de l'air et de la lumière pour éviter le rancissement causé par l'oxydation. Cependant, l'huile se conserve parfaitement entre 15 et 18°C, dans un endroit frais et sombre, ceci grâce aux antioxydants dont l'huile est dotée.

Lorsque la température descend en dessous de 8°C, l'huile d'olive risque de se figer et présente un aspect trouble qui est toutefois réversible et préjudiciable à sa qualité.

Toutefois, il faut éviter les variations de température qui nuisent à son goût. Une fois ouvertes, les bouteilles doivent être refermées immédiatement après chaque usage pour protéger l'huile contre l'oxydation et ce, pour sauvegarder ses qualités gustatives et nutritives.

1.6 Bienfaits de l'huile d'olive

Les propriétés nutritionnelles et les bienfaits de l'huile d'olive sur la santé ont fait l'objet de beaucoup de recherches ces derniers temps, bien que de nouvelles recherches reconnaissent et confirment tous les jours les vertus de ce produit, il reste encore beaucoup à découvrir à son sujet.

L'huile d'olive riche en acides gras mono-insaturés, est responsable des bienfaits cardiovasculaires, elle diminue la sécrétion acide de l'estomac et l'acide oléique permet aussi d'améliorer l'absorption intestinale de calcium et de la vitamine D (**Henry, 2003**).

Des études réalisées en Grèce et à Harvard ont mis en évidence une réduction de plusieurs types de cancers lors de la consommation d'huile d'olive tels que : le cancer du sein et du colon, cela grâce à sa forte proportion en AGMI et un taux élevé d'antioxydants (**Kushi, 1995 ; Lior, 2003**). D'ailleurs, (**Henry, 2003**). Ont constaté que le remplacement d'acides gras saturés par des acides mono ou polyinsaturés ($\omega 6$) pouvait réduire significativement le taux de LDL. Néanmoins, tous les effets bénéfiques de la consommation de l'huile ne sont pas dus à l'acide oléique. D'autres composants secondaires comme les composés phénoliques sont des antioxydants exogènes. En effet, leur activité antioxydante a deux effets principaux :

- ✓ Ils protègent l'huile de l'oxydation (donc augmentent sa durée de vie) ;
- ✓ Ils préviennent le développement de certaines maladies.

2. Figue

La figue est le fruit du figuier commun (*Ficus carica* L.). Anciennement, très connu dans le monde. L'arbre, au passé mythique, dont le nom à un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait du figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie (**Oukabli, 2003**).

Le genre *Ficus* comprend environ 700 espèces, reconnaissables par la présence d'une figue ou sycone, et seule l'espèce *Ficus carica* cultivée pour son fruit comestible. La figue n'est pas un vrai fruit, mais un réceptacle charnu (le synconium) qui abrite un grand nombre de petites graines appelées les akènes (**Figure N°1**) (**Haesslein et Oreiller, 2008**), dont on distingue ; les figes blanches avec un épiderme jaune à vert et une pulpe rouge assez sucrée, et les figes colorées avec un épiderme brun, rouge, violet et même noir et une chair plus ou moins foncée (**Khadari et al., 1994**).

La figue peut être consommée en frais, comme aliments très nourrissant, ou servie comme produit industriel. Elle peut être aussi séchée et transformée de plusieurs manières (**Oukabli, 2003**).

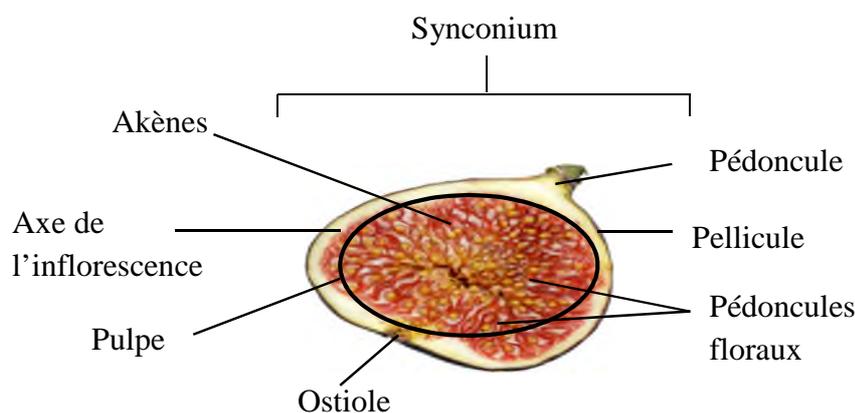


Figure 1: Caractéristiques mophologiques de la figue
(Haesslein et Oreiller, 2008)

2.1 Origine

Le figuier est présumé être originaire du Proche Orient : côte Sud de la mer Caspienne, intérieur de l'Asie mineure (l'Anatolie), Transcaucasie, Turkménistan, Iran, où se sont établies les premières civilisations fondées sur l'agriculture et où des spécimens sauvages ont été localisés (**Leroy, 1968**). Ce sont d'abord les Carthaginois (9ème au 2ème siècle av. J.C.) qui répandirent le figuier en Afrique du Nord. Les Romains, par la suite, étendirent considérablement son aire en le plantant sur tout le pourtour de la Méditerranée (**Padilla, 2003**).

2.2 Production mondiale de la figue

Environ un million de tonnes de figues sont produites dans le monde chaque année, soit en totale 974414 tonnes en 2015 (**FAOSTAT, 2015**), ainsi qu'environ soixante-quinze pourcent de la production des figues dans le monde se cultive dans les pays de la Méditerranée (**Caliskan et Polat, 2011**).

La Turquie est en première position près du quart de la production mondiale, suivi par l'Égypte, l'Algérie et le Maroc (**FAOSTAT, 2015**).

Les principaux clients se trouvent sur le marché européen (50% des importations mondiales de figues fraîches et 75% des importations mondiales de figues séchées). Les autres pôles de consommation sont constitués par l'Amérique du nord et Moyen-Orient (**Vidaud, 1997**).

Tableau 3: Production des figes en tonne des principaux pays dans le monde (FAOSTAT, 2015).

Pays	Production par tonnes
Turquie	260508
Egypte	165484
Algérie	120187
Maroc	114770
Iran	75927
Syrie	42944
Espagne	28993
Brésil	26233
Tunisie	26000
Albanie	19600

2.3 Composition et valeur nutritive

La figue (fraîche ou sèche) constitue un élément important dans l'alimentation humaine vue sa teneur élevée en glucides assimilables (fructose et glucose), responsables de l'essentiel de son apport énergétique (75 Kcal/100g de fruit frais et de 250 Kcal/100g de fruit séché), son faible apport en lipides dépourvue de cholestérol, et ses fibres très efficaces pour stimuler les intestins d'où elle est particulièrement indiquée en cas de tendance à la constipation.

Elle constitue une bonne source de minéraux et d'oligo-éléments, avec des teneurs assez importants en calcium, phosphore et en potassium et de fer (**Infanger, 2004**). Elle assure également un apport appréciable en vitamines particulièrement la vitamine C et A.

Selon (**Vinson et al., 1998**), la figue contient plusieurs caroténoïdes avec une prépondérance du lycopène, suivi de la lutéine et du β -carotène, en plus de la présence de la crypto-xanthine et de l' α -carotène.

Tableau 4: Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels
(Composition moyenne pour 100 g net) (Favier et al., 1993).

Constituants	Figue fraîche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54	224
Eau (g)	79.5	25
Glucides (g)	13	53
Protéines (g)	0.9	3.2
Lipides (g)	0.2	1.2
Fibres (g)	2.3	8
Vitamine C (mg)	5	1
Vitamine A (mg)	0.046	0.08
Vitamine B1 (mg)	0.05	0.08
Vitamine B2 (mg)	0.05	0.09
Vitamine B5 (mg)	0.30	0.44
Vitamine B6 (mg)	0.11	0.22
Calcium (mg)	60	160
Potassium (mg)	232	770
Sodium (mg)	3	14
Phosphore (mg)	23	71
Magnésium (mg)	18	62
Fer (mg)	0.78	2.5

Il s'agit d'une composition moyenne donnée à titre indicatif : les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc.

2.4 Conservation des figues

Figue fraîche : Sensible et absorbe les odeurs, elle doit être enveloppée pour sa bonne conservation. La durée de conservation du fruit à 25° C est de 24 heures, et de l'ordre d'une semaine en chambre froide, à la température de 4 à 5° C. Les variétés à peau noire et violette sont consommées fraîches, alors que les variétés à peau verte sont le plus souvent séchées. Le

fruit dont la teneur en sucres monte à plus de 20 % se conserve beaucoup mieux en chambre froide (**Chimi, 2005**). La figue entière peut se conserver quelques mois au congélateur.

Figue séchée : Se conserve mieux fermée dans un contenant hermétique, au frais, au sec et à l'abri de la lumière.

2.5 Utilisation de la figue

Le figuier *Ficus carica* est une plante utilisée dans toute les régions du monde, dont ces applications sont très vastes et touchent le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle (**Adwan et al., 2009**). Son huile essentielle est utilisée dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique (**Jordan et al., 2006**).

2.6 Effets thérapeutiques de la figue

Même si peu d'études ont été effectuées spécifiquement sur la figue, plusieurs études prospectives et épidémiologiques ont révélé qu'une consommation élevée de fruits et de légumes diminuait le risque de maladies cardiovasculaires (**Bazzano et al., 2003**), de certains cancers (**Soerjomataram et al., 2010**) et d'autres maladies chroniques comme le diabète de type 2 (**Harding et al., 2008**).

Différentes parties du figuier comme l'écorce, les feuilles, les pousses tendres, les fruits, les graines, et le latex sont médicalement importantes.

Son fruit, racines et feuilles sont utilisés en médecine dans divers troubles gastro-intestinaux tels que (coliques, indigestion, perte d'appétit et la diarrhée), troubles respiratoires (maux de gorge, la toux, l'asthme et les problèmes bronchiques), inflammatoire, troubles cardio-vasculaires, les maladies ulcéreuses, les maladies du foie, le diabète, la gingivite, la grippe et les cancers (**Chawla et al., 2012**).

Les figues ont été étudiées et prouvées leurs effets antioxydant, antiviral, antibactérien, hypoglycémiant, hypocholestérolémiant, hypotriglycéridémiant, anthelminthiques, spasmolytique, antiplaquettaire et anticancéreux (**Yang et al., 2009**).

Le latex, libéré lors de la cueillette des fruits, a été utilisé pour traiter les tumeurs de la peau et les verrues (**Gilani et al., 2008**).

La présence d'antioxydants et de fibres dans les fruits et les légumes pourrait jouer un rôle dans ces effets protecteurs :

➤ **Antioxydants**

Les figues contiennent différents antioxydants, particulièrement des composés phénoliques de la famille des flavonoïdes (Vinson et al., 2005). La pelure des figues, qui est habituellement consommée, contient la majorité des antioxydants du fruit. Les figues de couleur foncée contiendraient d'avantage d'antioxydants que les variétés de couleur plus pâle (Solomon et al., 2006). De plus, une portion de figues fraîches aurait un pouvoir antioxydant plus élevé qu'une portion de figues séchées (Carlsen et al., 2010). En effet, certains composés phénoliques contenus dans les fruits frais seraient détruits ou convertis en des formes non antioxydantes au cours du processus de séchage (Vinson et al., 2005). Les figues séchées possèdent une bonne capacité antioxydante, mais elle est moins élevée que celle d'autres fruits séchés comme les abricots, les pruneaux et les raisins (Pellegrini et al., 2006).

Les figues fraîches contiennent également de petites quantités de caroténoïdes, qui possèdent des propriétés anti oxydantes. Les plus abondants sont le lycopène, suivi de la lutéine et du bêta-carotène (Su et al., 2002). Il est à noter que les caroténoïdes sont mieux absorbés dans l'organisme lorsqu'une petite quantité de lipides (gras) est consommée au même moment (Van et al., 2000).

➤ **Fibres alimentaires**

Les figues fraîches et séchées contiennent environ 30 % de fibres solubles et 70 % de fibres insolubles (Solomon et al., 2006). De façon générale, une alimentation riche en fibres est associée à un plus faible risque de cancer du côlon. Les fibres solubles peuvent contribuer à normaliser les taux sanguins de cholestérol, de glucose et d'insuline, ce qui peut aider au traitement des maladies cardiovasculaires et du diabète de type 2. Quant aux fibres insolubles, elles aident à maintenir une fonction intestinale adéquate (Marlet et al., 2002).

➤ **Calcium**

Bien que les produits laitiers soient la principale source de calcium dans notre alimentation, les figues séchées en contiennent plus, ainsi que la plupart des autres fruits (Waheed, 2009).

3. Mélange huile d'olive- figue sèche

Des recherches sont toujours en cours sur différentes plantes. Des thèses éditées, traduites et diffusées à travers le monde.

L'une de ces études est menée sur le fruit de la figue et l'huile d'olive. Ces études ont montré que la consommation de l'un des deux aliments est bénéfique pour la santé. Ce bénéfice devient encore plus grand si nous consommons les deux ensembles.

Autrefois, les anciens faisaient sécher les figues au soleil et les emmagasiner après un traitement rudimentaire, dans des endroits non humides, en prévision des moments de disette, afin de parer à toute éventualité. Bien que cette technique de macération soit d'actualité, elle apparaît aujourd'hui, comme une méthode de mélange qui consiste à mettre les figues sèches entières ou découpées dans des bocaux et puis les faire baignées dans l'huile. Ce procédé est vite adapté sur le plan thérapeutique et même gustative. D'ailleurs c'est toute une industrie qui est en train de se faire.

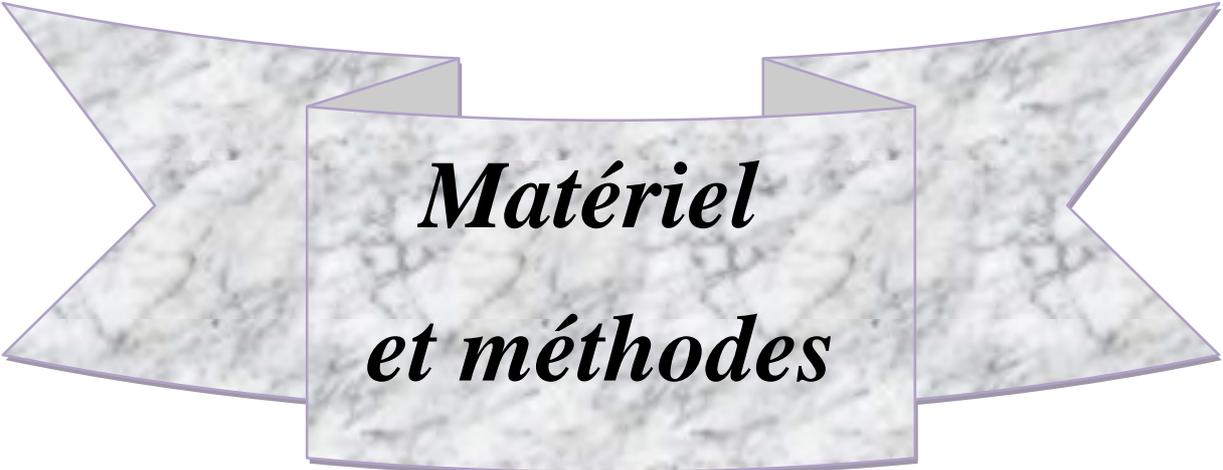
Une substance produite à partir de figues et de l'huile d'olive mélangées ensemble, est le même matériau sécrété normalement par le cerveau dans le corps humain au cours de la tranche d'âge de quinze ans à trente-cinq ans, afin de stimuler la vitalité de l'organisme humain. Cette vitalité restera en vigueur au-delà de trente-cinq ans si la consommation de ce mélange est continue.

Grace à cette substance protéique « l'Almithalonidz », le taux de cholestérol dans le sang est réduit, elle renforce le muscle cardiaque, maintient la fraîcheur de la peau et l'activité du corps, lutte contre le vieillissement et ses symptômes, augmente la fertilité chez la femme...

En parallèle, la combinaison figue sèche-huile d'olive est extraordinaire pour traiter les hémorroïdes, les maladies intestinales, l'anémie, la constipation, la bronchite, l'asthme et les ulcères d'estomac.



*Partie
expérimentale*



***Matériel
et méthodes***

1. Matériel et méthodes

1.1 Matériel Végétal

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude est une huile d'olive commerciale extra-vierge provenant de la région d'OUZELLAGUEN fabriqué et mise en vente par l'industrie d'IFRI depuis le 24-10-2016 sous le nom de NUMIDIA. La figue sèche de la variété noire (AZENJER) est récoltée puis séché traditionnellement par les agriculteurs de BENI MAOUCHE, les deux échantillons ont été conservés au réfrigérateur.

1.2 Préparation de la macération

L'imprégnation des figues sèches dans l'huile d'olive a été préparée selon la méthode traditionnelle. Les figues ont été découpées en petit morceaux et mis dans des bocaux en verre fumé de (250 ml). L'huile est ensuite ajoutée aux morceaux de fruits jusqu'à immersion avec un rapport (150g/80ml). Les bocaux ont été stockés dans l'obscurité et à température ambiante.

1.3 Détermination des caractères physicochimiques de l'huile d'olive

1.3.1 Acidité libre

L'acidité représente le pourcentage d'acides gras libres d'un corps gras, elle s'exprime en pourcentage d'acide oléique. La méthode utilisée est celle décrite par l'**Organisation internationale de normalisation ISO 660, (1996)**. Le principe de la méthode consiste en un titrage des acides gras libres présents par une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium.

Une prise d'essai de 1g d'huile d'olive a été dissoute dans 50 ml d'éthanol. Le mélange a été titré par une solution d'hydroxyde de potassium 0.1 N en présence de phénolphtaléine

$$A\% = \frac{V_{NaOH} \times N \times 282}{m \times 1000}$$

A : Acidité libre en % d'acide oléique

N : Normalité de la solution d'hydroxyde de potassium (0.1 N)

V : Le volume en millilitre de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée

282 g/mol: Masse molaire de l'acide oléique

m : la masse de la prise d'essai en gramme

1.3.2 Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde c'est le nombre de milliéquivalents d'oxygène contenus dans un kilogramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode.

La méthode utilisée est celle du règlement **CEE /2568/91**. Un échantillon de 2 g d'huile est introduit dans une fiole, 10 ml de chloroforme sont ajoutés, tout en agitant, afin de dissoudre l'huile ; suite à quoi 15 ml d'acide acétique glacial et 1 ml d'une solution d'iodure de potassium (KI) saturée sont ajoutés, la fiole est bouchée rapidement, puis agitée vigoureusement pendant 1 minute et laissée à l'obscurité pendant 5 min à température ambiante. 75 ml d'eau distillée sont ensuite ajoutées ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon, le tout est titré avec le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0,01 N en agitant vigoureusement

$$IP(\text{meq d'O}_2/\text{Kg}) = \frac{N(V - V_0) \times 1000}{m}$$

IP : indice de peroxyde (meq d'O₂/kg)

N: normalité de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,01N) ;

V et V₀: volume en ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc respectivement.

m : masse en gramme de la prise d'essai (2g).

1.3.3 Absorbance spécifique dans l'ultraviolet

Cette méthode consiste à déterminer les absorbances à 232 nm et à 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydro peroxydes et des produits secondaires d'oxydation.

Pour cela, On pèse environ 0,25 g de l'échantillon d'huile d'olive dans une fiole jaugée de 25 ml qu'on complète avec l'hexane jusqu'au trait de jauge. L'absorbance est mesurée aux deux longueurs d'ondes 232 et 270 nm (**COI, 1996**).

La solution de référence est l'hexane. Les extinctions spécifiques sont exprimées par l'équation suivante :

$$K_\lambda = \frac{A_\lambda}{C \times L}$$

K_λ : extinction spécifique à la longueur d'onde λ ;

A_λ : absorbance à λ nm ;

C : concentration de la solution en g/100 ml ;

L : épaisseur de la cuve en centimètre (1cm).

1.4 Caractérisation physicochimique des figes sèches

1.4.1 Taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité est faite à partir du broyat de figes sèches découpées. Une aliquote de 4g de chaque échantillon est séchée pendant 24 h à 103° C (**Bachir bey, 2015**). Le taux d'humidité est calculé selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{P_{avant} - P_{après}}{P_{avant}} \times 100$$

H (%) : Taux d'humidité en pourcentage.

P_{avant} : Poids de l'échantillon avant mise à l'étuve en gramme.

$P_{après}$: Poids de l'échantillon après mise à l'étuve en gramme

1.4.2 Acidité titrable

Après extraction des acides à partir d'une solution de 10% de broya de figes dans de l'eau distillée, l'acidité est titrée en utilisant de la soude (0,01 N) jusqu'à pH $8,1 \pm 0,2$ (**ISO 70, 1998**). Les résultats sont exprimés en g d'acide citrique par 100g de matière sèche (MS), en utilisant la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (g/100g)} = \frac{C_{NaOH} \times V_{NaOH} \times 0.064}{\text{Prise d'essai}} \times 100$$

Acidité titrable : exprimée en g d'acide citrique par 100 g MS.

C_{NaOH} : concentration de la solution de soude (0,01 mol/l).

V_{NaOH} : volume (ml) de soude ajouté pour atteindre le pH de 8,1.

Prise d'essai : poids de l'échantillon utilisé pour le test.

0,064 : facteur conventionnel établi pour l'acide citrique.

1.4.3 Dosage des glucides

Les sucres sont extraits en utilisant de l'éthanol 80% suivant la procédure de **Kader et al., (1993)**. Une aliquote de 0,1g de broyat de figue est mélangée avec 15 ml de solvant puis incubée au bain-marie à 95° C pendant 15 min ; le surnageant est récupéré par centrifugation à 5000rpm/10 min.

La teneur en glucides est déterminée par la méthode de **Dubois et al., (1956)**. Un volume de 0.3 ml de surnageant est mélangé avec 0,3 ml de phénol (5% m/v) d'acide sulfurique concentré. Après incubation à 105° C durant 5 min, l'absorbance est mesurée à 490 nm.

Le taux de glucides totaux est calculé par référence à une courbe d'étalonnage préalablement établie avec le glucose. Les résultats sont exprimés en mg équivalent glucose par 100 g de matière sèche en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec du glucose (**Annexe 5, figure 7**).

1.5 Extraction des poly phénols

1.5.1 Extraction liquide-liquide des composés phénoliques d'huile d'olive

Pour l'extraction des poly phénols de la fraction apolaire on procède à la méthode de **Vassili et al., (2009)**, 1g d'huile est dissout dans 5 ml d'hexane, puis 5 ml du mélange méthanol/ eau (60 :40, v/v) est ajouté, après agitation par un vortex. On récupère la phase méthanolique, on réalise un deuxième lavage, auquel on ajoute 5ml d'hexane. Enfin on centrifuge à 3500 tours pendant 10 minutes, on récupère la phase méthanolique dans laquelle on dose les différents composés.

1.5.2 Extraction solide-liquide des composés phénoliques des figes sèches

L'extraction solide-liquide est appliquée pour extraire les composés phénoliques des figes sèches. Une aliquote de broyat de figue (200 mg) est introduite dans un tube à essai puis 10 ml de solvant (acétone 60%) sont ajoutés. Le tube est placé dans un bain marie équipé d'un agitateur automatique à 40° C et 120 min. L'extrait est récupéré par centrifugation à 5000 rpm / 10 min puis filtré et conservé au réfrigérateur.

1.6 Analyse quantitative

1.6.1 Dosage des composés phénoliques totaux

Le dosage des poly phénols totaux repose sur la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est un réactif composé d'acide phospho-tungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique qui se réduisent, dans un milieu basique, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène par les composés phénoliques. L'intensité de la coloration bleue produite est proportionnelle à la quantité de poly phénols présents dans l'extrait.

La méthode de dosage des poly phénols utilisé est celle décrite par **Velioglu et al., (1998)**. Un volume de 200 µl d'extrait est additionné de 750 µl du réactif de Folin-Ciocalteu, après 5 min, 400 µl de carbonate de sodium (7%) sont ajoutées. Le mélange réactionnel est laissé à l'obscurité durant 60 min à température ambiante. L'absorbance de la coloration bleue développée est mesurée à 750 nm.

La teneur en poly phénols est déterminée en référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique (EAG) par 100 g MS (**Annexe 4, figure 5**).

1.6.2 Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode de **Djeridane et al., (2006)** qui consiste à mélanger 1 ml d'extrait et 1 ml de la solution de chlorure d'aluminium (AlCl₃) à 2%. Le mélange est laissé 10 min à l'obscurité et à température ambiante. Après incubation, l'absorbance est mesurée à 430 nm. Un témoin a été préparé en remplaçant l'extrait par le même volume du solvant d'extraction.

La teneur en flavonoïdes est exprimée en µg d'EQ/g d'huile, en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de la quercitrine comme standard (**Annexe 4, figure 4**).

1.6.3 Dosage des caroténoïdes de l'huile d'olive

Pour déterminer la teneur en caroténoïdes nous avons appliqué le protocole décrit par **Rougeau, (1981)**. 1g d'huile filtrée est mélangé avec 9 ml du n-hexane. L'absorbance est mesurée à 450 nm. Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en mg d'équivalent β-carotène, en se référant à une courbe d'étalonnage (**Annexe 4, figure 3**).

1.6.4 Dosage des caroténoïdes des figes sèches

Les teneurs en caroténoïdes des figes sont déterminées selon **Lichtenthaler et Wellburn, (1983)**. Le broya de fige (400 µg) est extrait par 10 ml d'éther di éthylique sous agitation magnétique et à l'abri de la lumière pendant 30 min. Après centrifugation à 5000 tpm/10 min, l'absorbance est mesurée à 470, 644 et 662 nm. Les concentrations en caroténoïdes des extraits sont calculées selon les formules ci -après et les résultats sont exprimés en mg/100g MS.

$$\text{Chlorophylle } a \text{ (} C_a, \mu\text{g/ml)} = 10.05 A_{662} - 0.766 A_{644}$$

$$\text{Chlorophylle } b \text{ (} C_b, \mu\text{g/ml)} = 16.37 A_{664} - 3.14 A_{662}$$

$$\text{Caroténoïdes (}\mu\text{g/100g)} = \frac{1000 A_{470} - 1.28 C_a - 56.7 C_b}{230}$$

1.7 Etude de l'activité antioxydante

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des extraits (HOV, FS, HO-FS_{t20j}, HO-FS_{t40j}, FS-HO_{t20j}, FS-HO_{t40j}), deux tests ont été réalisés : pouvoir réducteur et le pouvoir de piégeage du radical DPPH. L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont le β-carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (OH) et superoxydes (O₂).

1.7.1 Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH

L'activité anti-radicalaire des extraits a été déterminée en utilisant le radical libre 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH°). En effet, les composés à activité anti-radicalaire piègent le DPPH° en lui cédant un atome d'Hydrogène, ce qui conduit à une décoloration qu'on peut suivre par spectrophotométrie à 517 nm (**Popovici et al., 2009**).

Le protocole décrit par **Brand et al., (1995)** a été suivi. Un volume de 100 µl de l'extrait est mélangé avec 1 ml de la solution méthanolique de DPPH° (60 µM). Après 30 min d'incubation à température ambiante, l'absorbance est déterminée à 517 nm.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du radical DPPH° par rapport à un témoin ne contenant que le solvant d'extraction, selon la formule suivante :

$$\% \text{ Réduction DPPH}^\circ = \frac{(Abs_t - Abs_e)}{Abs} \times 100$$

Abs t : absorbance du témoin contenant le solvant d'extraction.

Abs e : absorbance de la solution contenant l'échantillon.

1.7.2 Mesure du pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est un essai simple, rapide et reproductible. Ce pouvoir mesure la capacité d'un antioxydant à réduire le fer ferrique Fe³⁺ (FeCl₃) en fer ferreux Fe²⁺ (FeCl₂) en présence d'un agent chromogène ferricyanure de potassium K₃ (Fe(CN)₆). Ceci se traduit par le virage de la couleur jaune de ferricyanure de potassium vers une couleur bleu verte dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur de l'antioxydant (**Cam et al., 2010**).

Le protocole de **Conde et al., (2009)** est utilisé pour évaluer le pouvoir réducteur des extraits. Un volume de 250µl d'extrait est additionné à 250 µl de tampon phosphate (0.2 M, ph= 6,6) et 250µl de ferricyanure de potassium à (1%). Après incubation à 50°C pendant 30 minutes, 250µl d'acide trichloracétique à (10%) sont ajoutés au mélange, puis 1ml d'eau distillée et 250µl de trichlorure ferrique à (0.1%) sont ajoutés.

L'absorbance du mélange est mesurée à 700 nm, contre un témoin dont l'échantillon est remplacé par le volume de solvant d'extraction. L'expression des résultats est définie en suivant la courbe d'étalonnage préparée avec l'acide gallique (**Annexe 5, figure 6**).

1.8 Analyse statistique

Toutes les données obtenues représentent la moyenne de trois essais. Les paramètres de la statistique descriptive (moyennes et écarts types) ont été calculés à l'aide du programme Excel de Microsoft Office 2007. L'analyse de la variance entre les différents échantillons étudiés est faite grâce au test ANOVA-LSD du logiciel STATISTICA 5.0 à un niveau de signification de 0,05, avec l'étude de corrélation entre les différents résultats.



***Résultats
et discussions***

2. Résultats et discussions

2.1 Caractérisation physico-chimique de l'huile d'olive

2.1.1 Acidité libre

L'acidité titrable des huiles est généralement exprimée en pourcentage de teneur en acides gras libres. L'acidité libre n'est pas seulement un facteur de qualité important, mais aussi largement utilisé comme critère pour classer l'huile d'olive dans diverses classes commerciales (Salvador *et al.*, 2000).

Les résultats obtenus, du suivi de l'évolution de l'acidité de l'huile d'olive avant et après macération, sont représentés dans la figure N° 2.

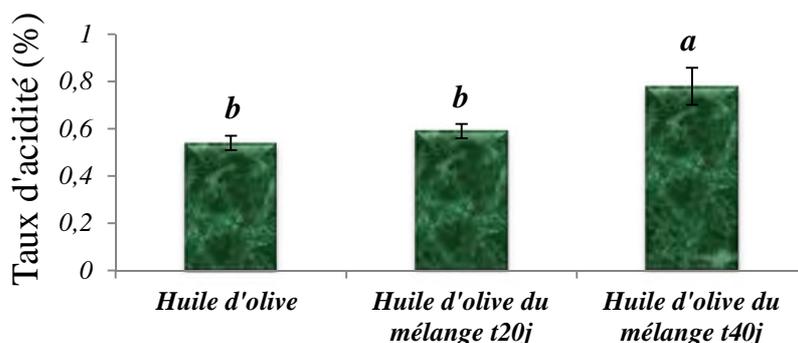


Figure 2: Evaluation de l'acidité de l'huile d'olive

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

Les résultats de la présente étude montrent que l'acidité de l'huile d'olive avant macération est de 0,53 %, traduisent une faible hydrolyse durant l'extraction et le stockage de l'huile. En fait selon **Grati-Kamoun, (2007)**, ce paramètre de qualité ne devrait guère dépasser 0,3% lorsque l'huile est obtenue à partir d'olives récoltées à la main et transformées rapidement avec peu ou sans temps de stockage et à un stade de maturité approprié (pas très avancé).

Après 20 jours, la macération avec la figue sèche ne cause guère de changement significatif ($p \leq 0,05$) de l'acidité d'huile d'olive.

Après 40 jours, une augmentation de l'acidité de l'huile est observée pour atteindre un taux de 0,78 %. Cette augmentation est plus élevée que celle trouvée par **Ayadi et al., (2009)**, Lors de la macération de l'huiles d'olive avec le romarin, la lavande, la sauge, le thym présentent une augmentation significative ($P < 0,05$) de l'acidité. Cela peut être dû à l'éventuelle hydrolyse des triglycérides provoquant la libération d'acide gras ou bien une migration éventuelle d'acides organiques du fruit vers la phase huileuse.

Cependant, la valeur de l'acidité reste inférieure à la limite établie par le **(COI, 2010)** pour l'huile d'olive vierge extra.

2.1.2 L'indice de peroxyde

La valeur de l'indice de peroxyde des huiles est un indicateur important du taux d'oxydation. Ce paramètre est exprimé en meqd'O₂/kg d'huile. Les peroxydes générés par l'oxydation des acides gras peuvent affecter la qualité des huiles et les aliments qui les contiennent. L'oxydation peut être favorisée par des métaux peroxydant tels que le fer et le cuivre, la température, la lumière, les sensibilisateurs comme la chlorophylle **(Rayan et al., 1998)**.

Les résultats obtenus, du suivi de l'évolution de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive avant et après macération, sont représentés dans la figure N° 3.

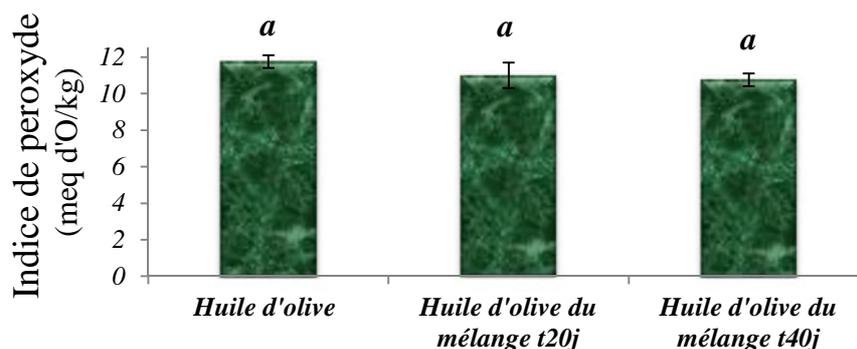


Figure 3: Evaluation de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive des échantillons étudiés

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a indiquent des valeurs significative, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

Les résultats obtenus, montrent que la teneur en peroxyde de l'huile d'olive avant la macération est de 11,5 meq d'O₂/kg, Cette valeur élevé confirme que Les huiles d'olive

vierges disponibles dans le commerce peuvent avoir des valeurs de peroxyde allant jusqu'à 15 meqO₂ / kg d'huile (CODEX, 1989).

Cependant, Après macération avec la figue sèche, l'huile n'a subi aucun changement significatif ($p \leq 0,05$) de l'indice de peroxyde.

En comparant ces valeurs à celles de la norme commerciale du (COI, 2010), la teneur en peroxyde des huiles étudiées reste conforme à la norme, ce qui confirme que ces huiles sont de la catégorie vierge extra ($IP \leq 20$).

2.1.3 Absorbance spécifique dans l'ultraviolet

Absorbance à des longueurs d'ondes spécifiques dans l'UV plus indicateur délicat de l'oxydation, est lié à la présence de système conjugués (diènes et triènes), qui absorbance en lumière ultraviolette au 232 et 270 nm, respectivement, sont classiquement indiqués par ; K₂₃₂ (indication des acides gras polyinsaturés conjugués Dans l'huile d'olive), et K₂₇₀ (indication de carbonyles composés: aldéhydes et cétones) (Noorali et al., 2014).

Les résultats obtenus de l'évolution de l'extinction spécifique de l'huile d'olive aux longueurs d'onde 232nm et 270 nm avant et après macération sont représentés dans la figure suivante :

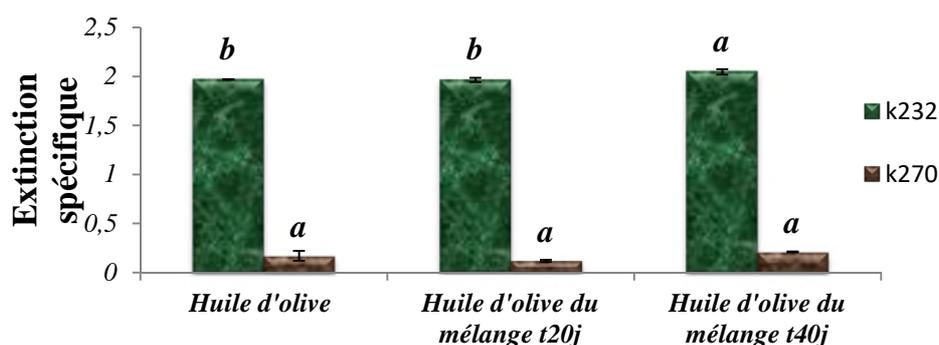


Figure 4: Evolution du coefficient d'absorption spécifique à 232 et 270 nm de l'huile d'olive échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

L'huile d'olive vierge extra doit avoir des coefficients d'extinction à 232 nm et à 270nm, respectivement inférieurs à 2,50 et à 0,22. A partir des résultats obtenus, nous notons que les

échantillons d'huile d'olive avant et après macération ont des valeurs d'absorbance K_{232} et K_{270} respectant la limite permise par la norme du COI pour la classification en tant que huile d'olive extra vierge.

Nous pouvons donc conclure que notre huile est dans un état non oxydé puisqu'elle provient d'olives récoltées à la main et fraîchement extraites en respectant les bonnes pratiques oléicoles.

2.2 Caractérisation physico-chimique de la figue sèche

2.2.1 Acidité titrable

Le contenu en acides organiques (acide malique, citrique, tartrique,...) est regroupé sous le terme "acidité".

L'acidité d'une denrée alimentaire reflète directement son acceptabilité par le consommateur et sa conservabilité. Outre les sucres, les acides organiques sont d'importants facteurs pour le développement de la saveur du fruit. La maturation est généralement accompagnée par des changements de la teneur en acides organiques (Trad et al., 2012).

Les résultats de l'évolution de l'acidité de la figue sèche avant et après macération sont représentés dans la **figure N° 5**.

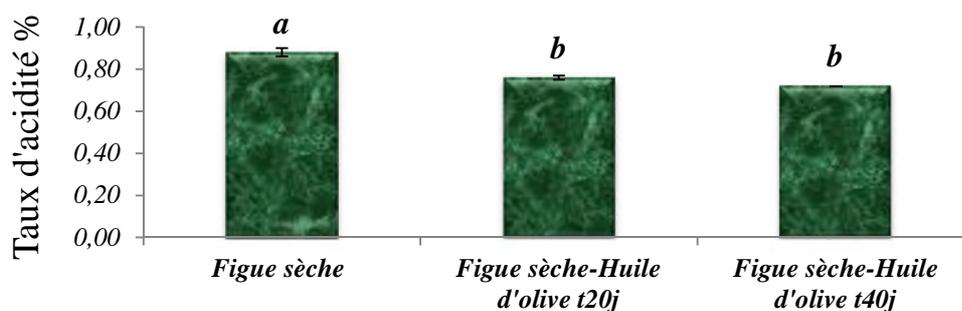


Figure 5: Evolution de l'acidité de la figue sèche avant et après macération.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en acidité de la figue sèche avant macération est au voisinage de 0,88% ; cette valeur est dans la gamme des résultats obtenus par **Bachir bey, (2015)** et **Meziant, (2014)**.

Polat et Ozkaya, (2005), çaliskan et Polat, (2008) et çaliskan et Polat, (2012) ont indiqué que l'acidité des figues varie de 0,09 à 0,51g/100g.

Après 20 jours, on remarque que la macération de la figue sèche dans l'huile d'olive a connu une diminution significative de ($p < 0,05$), cette teneur reste stable après 40 jours de macération. Cela confirme nos résultats précédents (**figure 1**) sur l'enrichissement de l'huile d'olive avec les acides organiques.

2.2.2 Humidité

L'humidité et la matière sèche sont deux paramètres complémentaires importants pour connaître la teneur en eau, et pouvoir estimer le rendement après séchage des fruits (Ribéreau, 1968).

La figure N° 6 représente l'évolution du taux d'humidité des figues sèches avant et après macération.

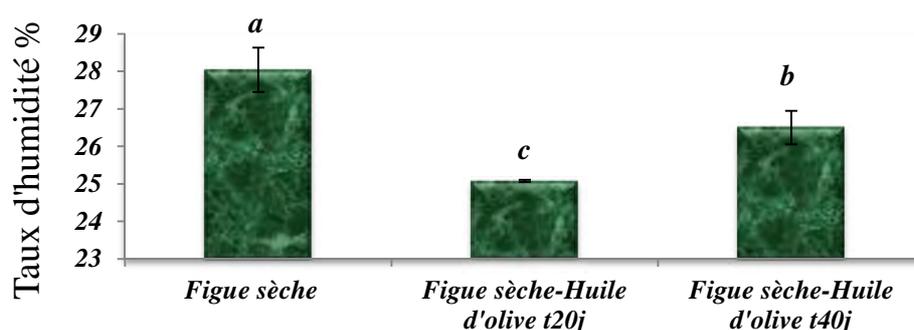


Figure 6: Evolution du taux d'humidité de la figue sèche avant et après macération

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a –b-c ($a > b > c$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

D'après les résultats obtenus, la teneur en eau des figues sèches avant macération est au voisinage de 28,04%, ce résultat est presque identique à celui trouvé par Bachir bey, (2015). Ce qui confirme les études faites par Favier et al., (1993) qui ont indiqué un large intervalle d'humidité pour les figues sèches (16% à 30,2%), cependant, ceux-ci sont supérieurs à ceux trouvés par Piga et al., (2004) qui ont obtenu un pourcentage relativement bas (13,75%). et cela peut être dû aux différences géographiques et climatiques, aux caractères variétales des figues et aux facteurs génétiques (Imeh et Khokhar, 2002).

Après 20 jours, le taux d'humidité a connu une baisse significative ($p < 0,05$), estimée à 25,08%. Cela peut être dû à la migration de l'eau contenu dans le fruit vers l'huile.

Au bout de 40 jours, Cette teneur évolue légèrement pour atteindre 26 %. Cela s'explique par la variabilité de l'humidité des fruits contenus dans les deux bocaux.

2.2.3 Teneurs en glucides

La concentration en glucides des fruits est d'un grand intérêt, à cause de leur influence sur les propriétés organoleptiques et constitue un critère d'évaluation de la maturation ; elle conditionne la stabilité et la conservabilité des fruits (Golulev *et al.*, 1987 ; Jiang *et al.*, 2013).

La figure N° 7 présentes les résultats de l'évolution du dosage des glucides de la figue sèche avant et après macération.

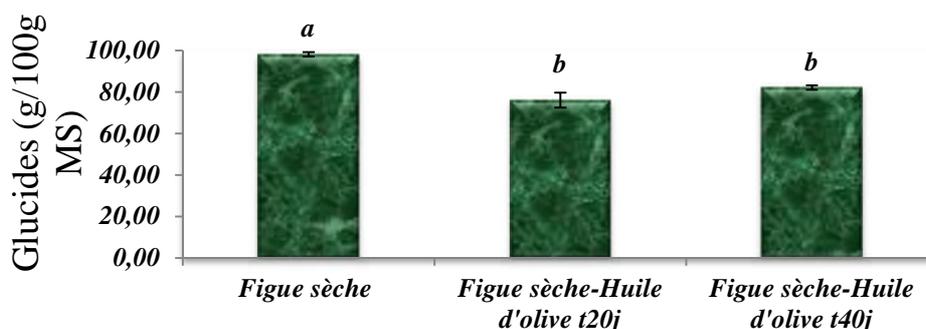


Figure 7: Evolution du taux de glucides de la figue sèche avant et après macération

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

La teneur en glucides de la figue sèche avant macération est relativement de 98,18g/100g. Ce résultat, est supérieur, à celui trouvé par Meziant, (2014) avec une teneur d'environ 85g/100g. Selon (Lim, 2012), les teneurs en sucres totaux des figes sèches peuvent atteindre 80 à 90% de matière sèche.

Après macération dans l'huile d'olive, on observe une diminution significative ($p < 0,05$) de la teneur en sucre, au voisinage de 82,15g/100g. Cela est sûrement dû à la dilution de la quantité de sucre dans le mélange.

2.3 Teneurs en composés bioactifs et activités antioxydantes de l'huile d'olive et de la figue sèche avant et après macération

2.3.1 Teneur en composés bioactifs

2.3.1.1 Composés phénoliques

L'importance des composés phénoliques réside dans leur contribution à la protection cellulaire à l'intérieur du corps (Nawaz *et al.*, 2006). Ils peuvent agir comme antioxydants en aidant le corps à renforcer son système de défense contre les anomalies liées au stress oxydatif telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le processus inflammatoire (Rojas *et al.*, 2005).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux de l'huile d'olive avant et après macération sont représentés dans la figure N° 8.

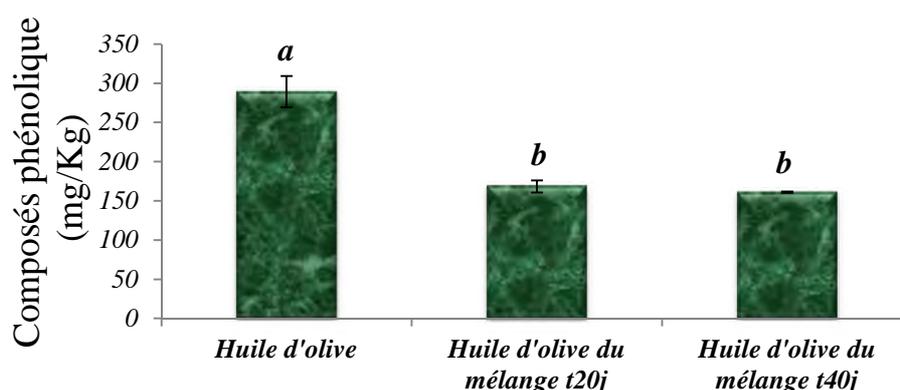


Figure 8: Evolution en composés phénolique de l'huile d'olive des échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

Pour l'huile non macérée, la teneur en polyphénols est de 289,12 mg/Kg, cette valeur est supérieure à celle annoncée par Merouane *et al.*, (2014) pour l'huile d'olive, obtenue par voie traditionnelle, de la variété Chemlal, qui est de l'ordre de 167,29 mg /kg d'huile, et inférieure à celle trouvée par Alileche *et al.*, (2015) avec une teneur de 710,22 mg EAG/g.

Après macération, une diminution significative ($p \leq 0,05$) en polyphénols (160,98 mg/kg) a été constatée, ce qui est probablement dû, au passage des composés phénoliques de l'huile d'olive vers la figue sèche.

La figure N° 9 représente le résultat du dosage des polyphénols totaux de la figue sèche seule et une fois macérée dans l'huile d'olive au cours du temps.

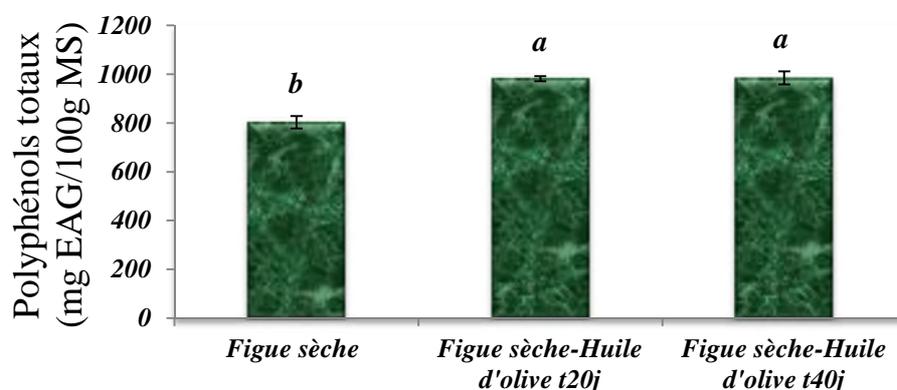


Figure 9: Evaluation des polyphénols totaux de la figue sèche avant et après macération

Les barres verticales représentent les écarts type. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

La teneur en polyphénols de la figue sèche non macérée est de 803,17 mg/100g, cette valeur est supérieure à celle annoncée par **Bachir bey, (2015)** avec une teneur d'environ 600 mg /100g.

Après macération nous avons remarqué une augmentation significative ($p \leq 0,05$) jusqu'à 985,11 mg/100g. Ce qui est en accord avec les travaux effectués par **Alileche et al., (2015)** qui a constaté une augmentation de la teneur en polyphénols de 346,59-607,95 mg /100g lors de la macération.

Ce qui est probablement dû au passage des composés phénoliques de l'huile d'olive vers la figue sèche.

2.3.1.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments ayant un rôle important dans la croissance et la défense de la plante. Certaines activités biologiques telles que les activités anti-inflammatoires, antiallergiques, anti-tumorales et immuno-modulatrices sont attribuées aux flavonoïdes. Comme ils peuvent inhiber quelques enzymes comme la lipoxygénase, la xanthine oxydase, la phospholipase, etc. (**Pietta et al., 2003**). Ce qui est relié directement à leur grand pouvoir antioxydant.

La figure N° 10 représente l'évolution de la teneur en flavonoïdes de l'huile d'olive macérée et non macérée au cours du temps.

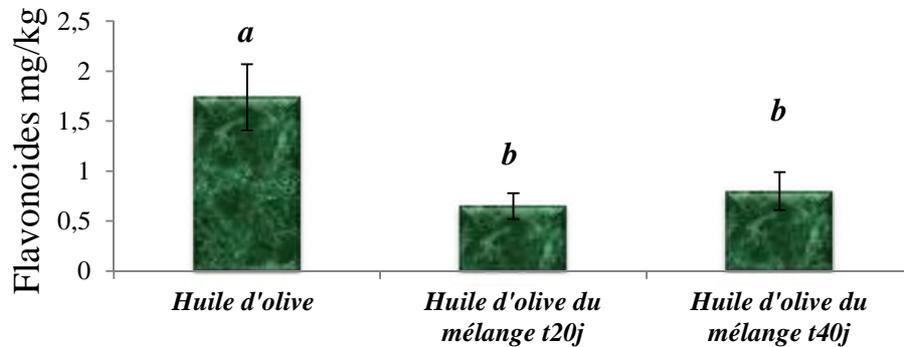


Figure 10: Evolution des flavonoïdes de l'huile d'olive

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a –b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

Avant macération, la teneur en flavonoïdes de l'huile d'olive est de 1,74 mg/kg. Une diminution, significative ($p \leq 0,05$), est notée au cours de la macération, qui atteint, après, 20 et 40 jours respectivement, jusqu'à 0,65 et 0,80 mg/kg. Ces résultats concordent avec les travaux effectués par **Alileche et al., (2015)** qui a trouvé une éventuelle diminution en flavonoïdes lors de la macération dans les figes sèches de 3,8 à 2,54 mg Equivalent/g d'extrait. Ce qui est probablement dû au passage des composés phénoliques de l'huile d'olive vers la fige.

La figure N° 11 représente les résultats de l'évolution des flavonoïdes de la fige sèche avant et après macération.

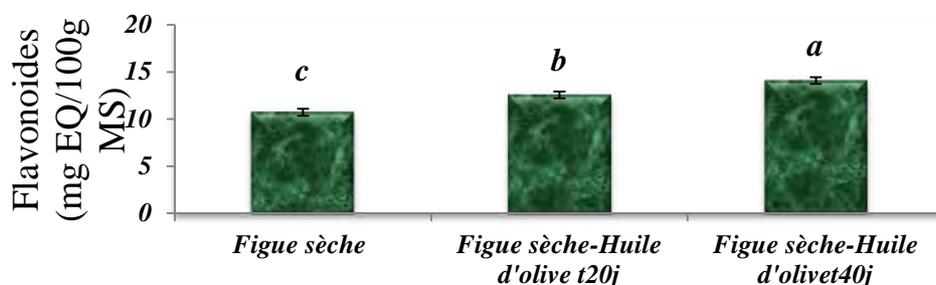


Figure 11: Evolution des flavonoïdes de la fige sèche avant et après macération

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a-b-c ($a > b > c$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

D'après les résultats obtenus dans cette étude, la teneur en flavonoïdes de la figue sèche non macérée est en moyenne de 10,73mg de quercitine/100g de matière.

Ce résultat est inférieur à ceux rapportés par **Ouchemoukh et al., (2012)**, qui ont obtenus des concentrations variant en fonction du solvant d'extraction, entre 79,9 à 105,6 mg/100g de matière sèche dans la figue noire. Il est par contre, très proche de celui publié par **Solomon et al., (2006)**, qui ont rapporté des teneurs en flavonoïdes de figue sèche comprises entre 2,1 et 21,5 mg E.Q/100g.

La teneur en flavonoïdes de la figue, passe à 12,57 et 14,09 mg E.Q/100g respectivement après 20 et 40 jours de macération avec l'huile d'olive. On constate que ces résultats ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$) par rapport au résultat de la figue non macérée. Reste que la figue macérée s'est enrichie de cet infime apport en flavonoïdes suivant l'évolution du temps.

2.3.1.3 Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des composés lipophiles appartenant à la famille des tétra-terpènes. Ils sont responsables des colorations rouge, orange et jaune des fruits et légumes (**Rao et Rao, 2007**). Ces composés grâce à leurs longues chaînes polyinsaturées, sont d'excellents piègeurs d'espèces oxygénées réactives (**Young et Lowe, 2001**).

Les résultats de la présente étude concernant l'évolution des caroténoïdes de l'huile d'olive des échantillons étudiés sont représentés dans la figure N° 12.

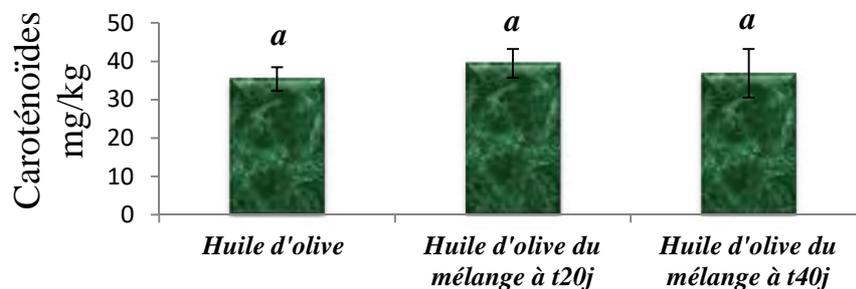


Figure 12: Evolution des caroténoïdes de l'huile d'olive avant et après macération.

Les barres verticales représentent les écarts types. La lettre a indique des valeurs significative, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

D'après les résultats obtenus, la teneur en caroténoïdes de l'huile d'olive est de 35.42 mg/kg, aucune différence significative ($p < 0.05$) n'est notée entre les échantillons étudiés.

Ces résultats, sont dans la gamme de ceux obtenus par **Minguez et al., (1991)**, avec des quantités de 1-54.4 mg / kg. Cependant, la teneur est supérieure à celle enregistrée par **Zagan et al., (2015)** pour des huiles d'olive extra-vierges de Chemlal provenant de quatre sites en Algérie, avec des quantités de 0,67 et 1,70 mg / kg et celle de **Šarolić et al., (2015)**, pour les huiles d'olive croates, la teneur varie de 1,89 à 2,06 mg / kg.

La figure N° 13 montre les résultats de l'évolution du dosage des caroténoïdes de la figue sèche avant et après macération.

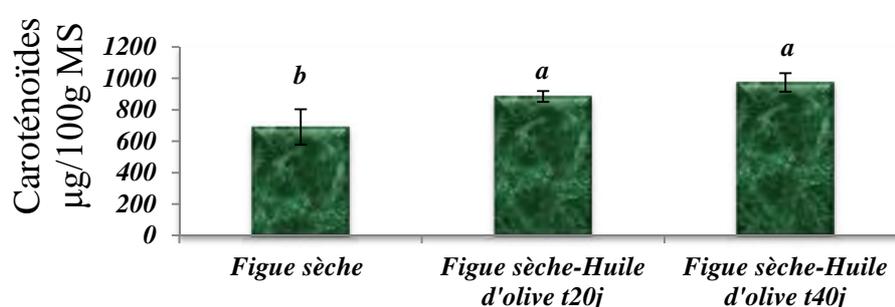


Figure 13: Evolution du dosage en caroténoïdes de la figue sèche des échantillons étudiés

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a et b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après la macération ($p < 0,05$) entre les échantillons.

D'après la présente étude, la teneur en caroténoïdes des figes non macérées est en moyenne de 691,37 µg/100g de matière sèche. Cette teneur est inférieure aux études menées par **Kakhniashvili et al., (1987)**, qui ont traités les composés liposolubles de la figue. Les résultats ont montré que la figue contient des caroténoïdes (entre 1,59 et 4,32 mg/100 g).

Belitz et al., (2009) ont rapporté une teneur plus faible en caroténoïdes (0,85 mg/100 g).

La figue sèche a subi une augmentation significative en caroténoïdes, avec des quantités de 885,41 et 974,90 µg/100g de matière sèche respectivement après 20 et 40 jours de macération dans l'huile d'olive.

Ceci peut être attribué à plusieurs facteurs tel que ; la différence variétale des figes et la composition de l'huile d'olive et également à leur proportion dans le mélange.

2.3.2 Activité antioxydante

Compte tenu de la complexité des processus d'oxydation et de la nature diversifiée des antioxydants, avec des composés de polarités différentes, une méthode universelle pour mesurer l'activité antioxydante d'une façon bien précise n'existe pas.

Le plus souvent, une combinaison de différents tests est menée pour avoir une indication sur la capacité antioxydante d'une matrice (Popovici *et al.*, 2009 ; Tabart *et al.*, 2009).

L'activité antioxydante de l'huile d'olive et de la figue sèche a été évaluée en utilisant deux essais complémentaires à savoir : le test du DPPH° et le test du pouvoir réducteur ce qui nous permet de mieux apprécier l'effet antioxydant.

2.3.2.1 Pouvoir de piégeage du radical DPPH

Les résultats de l'activité anti radicalaire de l'huile d'olive avant et après la macération avec la figue sèche vis-à-vis le DPPH° sont représentés dans la figure N° 14.

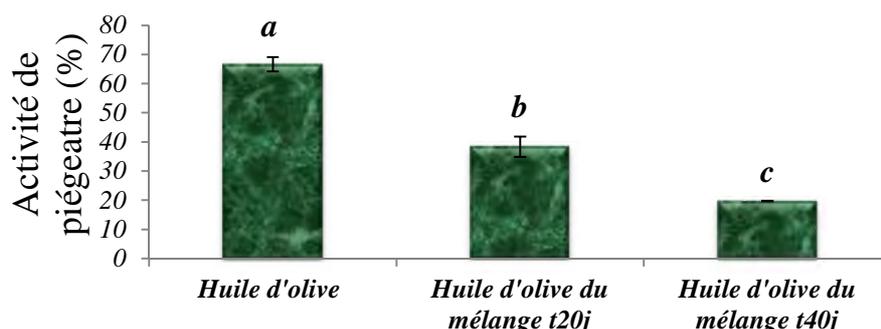


Figure 14: Activité anti-radical DPPH° de l'huile d'olive des échantillons étudiés

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a-b-c ($a > b > c$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après macération pour chaque échantillon ($p < 0.05$).

Les résultats du pouvoir anti radicalaire des extraits méthanolique exprimés en pourcentage d'inhibition du radical DPPH°, indiquent que la capacité à piéger le radical DPPH° par l'huile d'olive vierge est plus efficace que celle d'huile du mélange à 20 et 40 jours de macération avec une différence significative ($p < 0,05$).

Cette activité antioxydante de l'huile d'olive vierge serait due à sa richesse en composés phénoliques (Benmlih et Ganam., 2012), qui peuvent exercer un effet antioxydant important même in vivo (Bonanome *et al.*, 2012).

Les résultats de l'activité anti radicalaire de la figue sèche avant et après macération dans l'huile d'olive vis-à-vis le DPPH[•] sont représentés dans la figure N° 15.

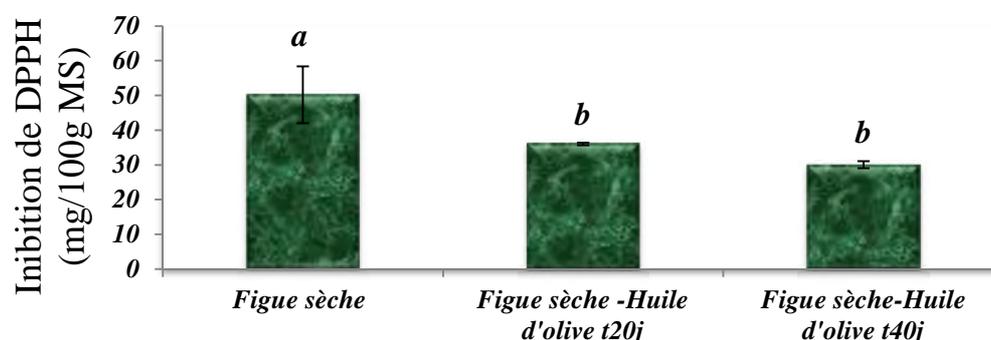


Figure 15: Evolution du pouvoir anti-radicalaire de la figue sèche avant et après macération vis-à-vis le DPPH[•]

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres (a-b) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après macération pour chaque échantillons ($p < 0.05$).

Les résultats obtenus révèlent que la figue sèche non macérée présente un pourcentage d'inhibition du radical DPPH[•] de l'ordre de 50,22%. Selon **Ouchemoukh et al., (2012)**, l'activité inhibitrice du radical DPPH[•] des figes sèches est d'environ de 55,9%.

Une diminution significative ($p < 0,05$) du pourcentage de l'activité inhibitrice du radical DPPH[•] de l'ordre de 36,07% à 30,04% de la figue sèche macérée a été constatée respectivement au bout de 20 à 40 jours.

2.3.2.2 Pouvoir réducteur

Les résultats du pouvoir réducteur de l'huile d'olive avant et après la macération avec la figue sèche sont représentés dans la figure N° 16.

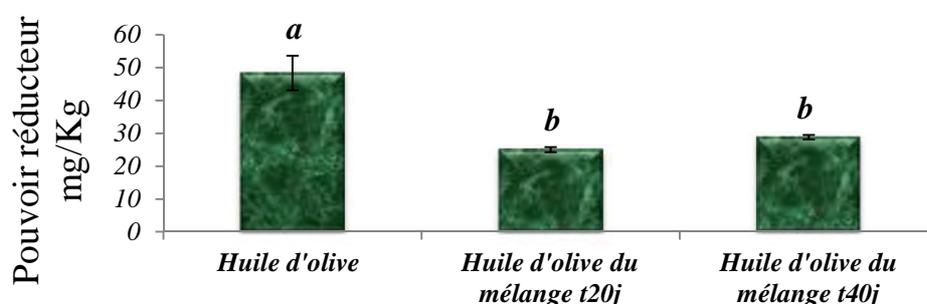


Figure 16: Pouvoir réducteur de l'huile d'olive avant et après macération

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a-b ($a > b$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après macération pour chaque échantillons ($p < 0.05$).

Les résultats du pouvoir réducteur des extraits méthanoliques indiquent que l'huile d'olive présente la teneur la plus élevée avec 48,35 mg/kg.

Après macération, nous observons une diminution significative $p < (0,05)$ des deux mélanges de 20 et 40 jours qui sont de l'ordre de 25,04 et 28,81 mg/kg respectivement.

Cette diminution peut être expliquée par la diminution de la teneur en flavonoïdes et en composés phénoliques des deux échantillons.

La figure N° 17 représente les résultats du pouvoir réducteur de la figue sèche avant et après macération.

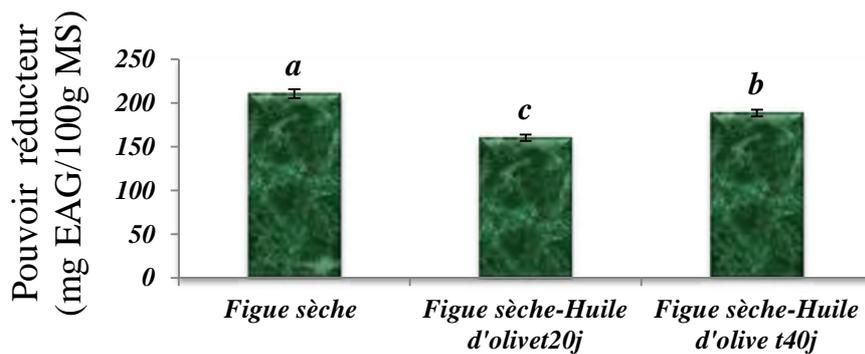


Figure 17: Pouvoir réducteur de la figue sèche avant et après macération.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les lettres a-b-c ($a > b > c$) indiquent des valeurs significativement différentes, avant et après macération pour chaque échantillons ($p < 0.05$).

D'après les résultats obtenus, le pouvoir réducteur de la figue sèche non macérée est en moyenne de 210,69 mg EAG / 100g. Ce résultat est inférieur à celui rapporté par **Bachir bey, (2015)**, avec 567,1 mg EAG/100g.

Au bout de 20 jours de macération, une diminution significative ($p < 0.05$) du pouvoir réducteur a été constaté de l'ordre de 160,31 mg EAG/100g du produit.

Après 40 jours, l'analyse du deuxième échantillon nous révèle une augmentation de l'activité antioxydante et qui est estimée à 188,76mg EAG/100g du produit.

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

Plusieurs études ont attribué la capacité réductrice à d'autres molécules non phénoliques telles que les substances non enzymatiques peuvent également intervenir dans l'activité antioxydante (**Al-Mamary et al., 2002 ; Bertoneclj et al., 2007 ; Ferreira et al., 2009**).

2.4 Analyse des corrélations

L'analyse de la corrélation entre deux ou plusieurs variables permet de vérifier l'intensité de la liaison qui peut exister entre ces deux variables.

D'après les résultats obtenus les composés phénoliques de l'huile d'olive montrent une corrélation significative avec l'activité anti-radicalaire ($r=0,93$) et le pouvoir réducteur ($r=0,98$) (**annexe 6**). Les travaux de **Galvano et al., (2007)** ont reporté une corrélation positive entre l'activité antioxydante de l'huile d'olive et sa teneur en composés phénoliques.

Cependant, pour les figes sèches, des corrélations négatives ($r = -0,94$ et $r = -0,80$) ont été notées avec l'activité anti-radicalaire et le pouvoir réducteur, respectivement. Cela, pourrait être expliqué par le fait que, l'activité antioxydante n'est pas toujours liée à la concentration en composés phénoliques mais aussi, à leurs qualités qui jouent un rôle déterminant pour cette activité biologique (**Morello et al., 2004**).

Une corrélation positive est observée entre les flavonoïdes, le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire de l'huile d'olive avec ($r=0,99$ et $r=0,83$) respectivement (**annexe 7**). Cela peut être dû à la présence des groupements hydroxyles libres dans leur structure, leur confère la capacité à piéger les radicaux libres (**Pokorny et al., 2001**).

Alors que pour les figes sèches, on remarque une corrélation négative entre la concentration en flavonoïdes et l'activité anti-radicalaire des figes sèches, cependant, elles ne sont pas corrélées avec le pouvoir réducteur



Conclusion

Conclusion

Ce travail est focalisé sur l'étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques, la composition en substances bioactives et l'activité antioxydante de l'huile d'olive et des figes sèches seules et sous l'effet de la macération.

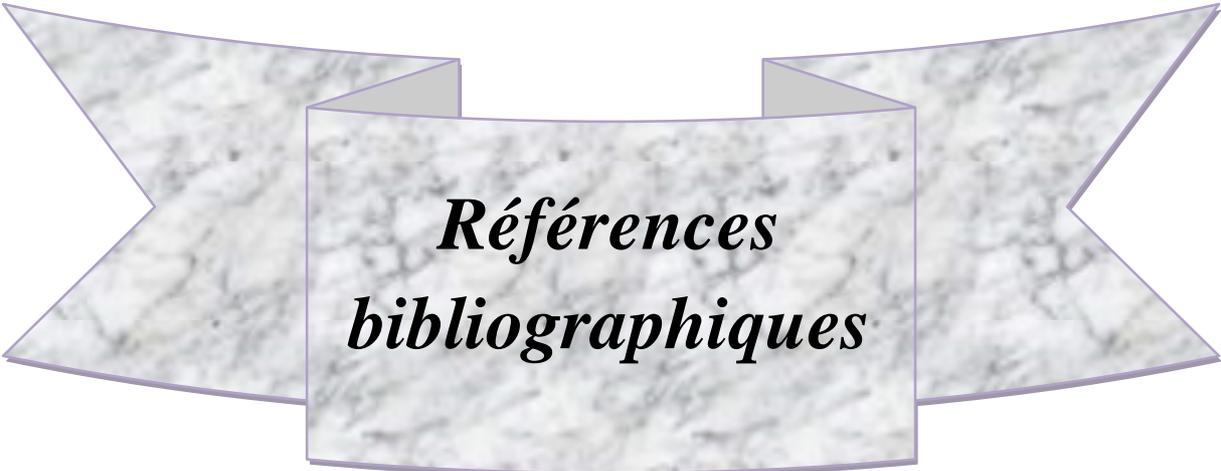
En général, on peut conclure qu'une variété de fige sèche ou d'huile d'olive avant la macération (Huile d'olive vierge, Fige sèche), pourrait être riche en un ou plusieurs composés comme elle pourrait être pauvre en un ou d'autres, et vice-versa et présenterait des caractéristiques typiques d'une huile vierge ou d'une fige sèche de bonne qualité.

Les résultats du dosage des antioxydants et des pigments, montrent que le mélange de fige sèche avec l'huile d'olive s'enrichit en métabolites secondaires. Après la macération, on constate une augmentation en composés phénoliques (803.17, 981.54, 985.11 mg/100g MS), en flavonoïdes (10.73, 12.57, 14.09 mg/100g MS) et en caroténoïdes (691.37 ,885.41 ,974.9 µg/100g MS) que l'on retrouve dans les extraits phénoliques (Fige sèche, Fige sèche-huile d'olive t_{20j} , Fige sèche-huile d'olive t_{40j}).

Cependant, l'huile restante du mélange s'est appauvrie en certaines de ses composantes ; diminution en composés phénoliques (289.12, 168.31, 160.93 ppm) et en flavonoïdes (1.74, 0.65, 0.8 ppm) pour les extraits phénoliques (Huile d'olive, Huile d'olive-fige sèche t_{20j} , Huile d'olive-fige sèche t_{40j}).

De bonnes corrélations sont observées pour l'huile d'olive (en moyenne $r=0.93$), alors que des corrélations négatives ($r= -0.82$) pour les figes sèches apparaissent entre les paramètres antioxydants analysés.

En guise de perspectives, il serait souhaitable de faire une évaluation des activités biologiques *in vitro* et *in vivo* : antioxydantes, antimicrobiennes, antifongiques et anti-inflammatoires des figes sèches et d'huile d'olive et leur imprégnation, car en effet ces deux richesses constituent un trésor inestimable qui pourrait être valorisé et utilisé ultérieurement comme des produits thérapeutiques de base.



***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

-A-

- ✚ **Adwan G., Abu-Shanab B., Adwan K. et Abu-Shanab F. (2009).** Antibacterial effects of Nutraceutical Plants Growing in Palestine on *Pseudomonas aeruginosa* Turk. *Journal of biological.* 30: 239-242.
- ✚ **Alileche K., Hadj Zian A., Megatli I., Oouali A. (2015).** Détermination de l'activité antioxydants des figes sèches seules et imprégnées dans l'huile d'olive. Université M'Hamed Bougara Boumerdès / CRAPC.
- ✚ **Al-Mamary M., Al-Meeri A. et Al-Habori M. (2002).** Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research.* 22: 1041-1047.
- ✚ **Angerosa F. (2002)** Influence of volatile compounds on Virgin olive oil quality evaluated by analytical approaches and sensor panels. *European Journal of Lipid Science and Technology.* 104 (9-10) pp 639-660.
- ✚ **Angerosa F., Servili M., Selvaggini R., Taticchi A., Esposito S., Montedoro G.F. (2004).** Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *J. Chromatogr. A* 1054, 17-31.

-B-

- ✚ **Bachir bey M. (2015).** Thèse: Etude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques, les propriétés antioxydantes et les profils phénoliques de variétés de figes. Université de Bejaïa.
- ✚ **Belitz H.D., Grosch W. et Schieberle P. (2009).** Fruits and Fruit Products. *Food Chemistry.* Edition Springer. pp. 807-861.
- ✚ **Benmlih M., Ghanam J. (2012).** Polyphénols d'Huile d'Olive, Tresors Santé! Medicatrix Editions: Embourg, Belgique.
- ✚ **Bertoncelj J., Dobersek U., Jamnik M. et Golob T. (2007).** Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry.* 105: 822-828.
- ✚ **Bonanome A., Pagnan A., Biffanti S. (2012).** Effect of Dietary Monounsaturated and Polyunsaturated Fatty Acids on the Susceptibility of Plasma Low Density.

- # **Boskou D., Blekas G. and Tsimidou M. (2006).** Olive oil composition in olive oil: Chemistry and Technology, Boskou, D., Ed. The American Oil Chemists Society Press, pp 41-72.
- # **Brand-Williams W., Cuvelier M.E. et Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology.* (28): 25-30.
- # **Brenes M., Garcia A., Rios J. J., Garcia P. & Garrido A. (2002)** Use of 1-acetoxypinoresinol to authenticate Picual olive oils. *The International Journal of Food Science and Technology.* 37 (6) pp 615-625.
- # **Brenes M., Hidalgo F. J., Garcia A., Rios J. J., Garcia P., Zamora R. & Garrido A. (2000)** Pinoresinol and 1-acetoxypinoresinol, two new phenolic compounds identified in olive oil. *Journal of American oil Chemist's Society.* 77 (7) pp 715-720.
- # **Burton G. W. & Ingold K. U. (1986).** Vitamin E: Application of the principles of physical organic Chemistry to the exploration of its structure and function. *Accounts of Chemical Research.* 19 pp 194-201.

-C-

- # **Çalışkan O. & Polat A.A. (2008).** Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae.* 115: 360-367.
- # **Çalışkan O. & Polat A.A. (2012).** Effects of genotype and harvest year on phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 10(4): 1048-1058.
- # **Çalışkan O., Polat A.A. (2011).** Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae.* 128:473-478.
- # **Cam M. and Hisil Y. (2010).** Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food Chemistry* 123 (2010) 878-885.
- # **Carlsen M., Halvorsen B. (2010).** *et al.* the total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. 9:3.
- # **CEE 2568/91.** Communauté économique européenne. Règlement (CEE) N°2568/91 de la commission du 11 juillet 1991. Relatif aux caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'à la méthode d'analyse y afférentes : 27-30.
- # **Codex Alimentarius Commission. Codex Stan 33.** Standard for olive oils and olive pomace oils codex standard 33. 1981. <http://codexalimentarius.org> (Revision: 2015).

- ✚ **Codex alimentarius. (1989).** Norme codex pour les huiles d'olive vierges et raffinées et pour l'huile de grignons d'olive raffinée. Codex STAN 33-1981 (Rév. 1-1989)0.
- ✚ **COI. (1996).** Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet. Conseil Oleicole international/T20/Doc 19 6 juin 1996, Madrid. Espagne.
- ✚ **Conde E., Cara., MoureA., Ruiz E., Castro E. et Dominguez H. (2009).** Antioxidant activity of the phenolic compound released by hydrothermal treatments of olive oil tree pruning. *Food Chemistry*, 114,806-812.
- ✚ **Cichelli A. and Pertesana G. P. 2004. High-performance liquid chromatographic analysis of chlorophylls, pheophytins and carotenoids in virgin olive oils: chemometric approach to variety classification. Journal of Chromatography A, 1046: 141–146.**

-D-

- ✚ **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. & Vidal N. (2006).** Antioxidants activities of some Algerian medicinal plants extract containing phenolic compounds. *Food Chemistry*. (97): 654-660.
- ✚ **Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. & Smith F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28: 350-356.

-F-

- ✚ **Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C. & Feinberg M. (1993).** Répertoire général des aliments : Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique (Tome3). Condé-sur-Noireau : Editions ORSTOM, Tech & Doc, INRA. Paris, France. pp.31-34.
- ✚ **Fedeli E., (1977)** Lipids of olives. *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids*. 15 pp 57-74.
- ✚ **Ferreira I. C. F. R., Barreira J. C. M. et Esteninho L. M. (2009).** Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*. 114: 1438-1443.

-G-

- # Galvano F., La Fauci L., Graziani G., Ferracane R., Masella R., Di Giacomo C., Scacco A., Scacco A., D'Archivio M., Vanella L., Galvano G., 2007. Phenolic compounds and antioxidant activity of Italian extra virgin olive oil Monli Iblei .J.Med.Food 10,650-656.
- # Garcia-Villalba R., Carrasco-Poncorbo A., Oliveras-Ferraro C., Vasquez-Martin A., Menéndez J. A., Segura-Carretero A. & Fernandez-Gutiérrez A. (2010). Characterisation and quantification of phenolic compounds of extra-virgin olive oils with anticancer properties by a rapid LC-ESI-TOF MS method. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 51 (2) pp 416-429.
- # Gargouri B., Ammar S., Zribi A., Ben Mansour A and Bouaziz M. (2013). Effect of growing region on quality characteristics and phenolic compounds of chemlali extra-virgin olive oils. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 2801–2812.
- # Gozlekci S. (2011). Pomological traits of fig (*Ficus carica* L.) genotypes collected in the west Mediterranean region in Turkey. Journal of Animal & Plant Sciences. 21(4): 646-652.
- # Grati Kamoun N. (2007). Etude de la diversité génétique de l'olivier en Tunisie – Approche pomologique, chimique et moléculaire. Thèse de doctorat en sciences biologique – Institut de l'olivier .Faculté des sciences de Sfax / Université de Sfax. 68-70.
- # Gutierrez F., Jimenez B., Ruiz A & Albi M. A. (1999) Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties pictual and hojiblanca and on the different components involved. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47 (1) pp 121- 127.

-H-

- # Haesslein D. et Oreiller S. (2008) Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. Haute école de santé Genève.
- # Harding A., Wareham N. *et al.* (2008). Plasma vitamin C level, fruit and vegetable consumption, and the risk of new-onset type 2 diabetes mellitus: the European prospective investigation of cancer--Norfolk prospective study. 168:1493-9.
- # HENRY S. (2003). L'huile d'olive, son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et cosmétique ; thèse de doctorat soutenue par le 26 septembre ; Université Henri Poincaré-NANCY 1. Faculté de pharmacie.

-I-

- ✚ **Imeh U. et Khokhar S. (2002).** Distribution of conjugated and free phenols in fruits : Antioxidant activity and cultivar variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:6301-6306.
- ✚ **Infanger E. (2004).** Table de composition nutritionnelle suisse. Berne. 1992-0067.
- ✚ **International Olive Council. (2010).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. *Olivae*, 113:35-45.
- ✚ **International Olive Council. 2010.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. *Olivae*, 113:35-45.
- ✚ **ISO 750. (1998).** Determination of titratable activity: fruit and vegetable products (2nd Edition). International Standard Organisation, Genève, Suisse. pp. 1-4.

-J-

- ✚ **Jiang L., Shen Z., Zheng H., He W., Deng G. et Lu H. (2013).** Noninvasive evaluation of fructose, glucose, and sucrose contents in fig fruits during development using chlorophyll fluorescence and chemometrics. *Journal of Agricultural Science and Technology*. (15): 333-342.
- ✚ **Joaquin Velasco, carmen dobarganes (2002).** Oxydative stability of virgin olive oil. *Eur. J. lipidsc Technol.*104-661-676.
- ✚ **Jordan M.J., Martineez R.M., Goodner K.L., Baldwin E.A. et Stomayor J.A. (2006).** Seasonl Variation *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. *Industrial Crops and products*. 24: 253-263.

-K-

- ✚ **Kader F.,Rovel B.et Metche M.1993.** role of invertase in sugar content in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L). *lebensmittel wissenschaft und technologie*, (26): 593-595.
- ✚ **Kakhniashvili T.A., Kolesnik A.A., Zherebin Y.L. & Golubev V.N. (1987).** Liposoluble Pigments of the Fruit of *Ficus carica*. Plenum Publishing Corporation. 4: 508-509.
- ✚ **Khadari B., Lashemes P. et Kjellberg F. (1994).** Identification variétale et ressources génétiques chez le figuier (*Ficus carica* L.): utilisation des marqueurs RAPD, Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. 399-412 pp.
- ✚ **Kiritsakis A.K., (1993).** La chimie de l'arôme de l'huile d'olive. *Olivae*, 45(2), 28-33.

- ✚ **Kushi .L.H. (1995).**Health implications of Mediterranean diets in light of contemporary knowledge, *Am.J. Clin .Nutr.* 61 p1416-1427.

-L-

- ✚ **Lampe JW. (1999).** Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *70(3 Suppl):475S-90S.*
- ✚ **Lichtenthaler H.K. & Wellburn A.R. (1983).** Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions.* 11: 591-592.
- ✚ **Lim T.K. (2012).** *Ficus carica.* In: ‘‘Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 3, Fruits’’. Springer Science & Business Media. New York, USA. pp 362-376.
- ✚ **Llor X. (2003).** The effect of fish oil, olive oil, oleic acid and linoleic acid on colorectal neoplastic processes; *Clinical Nutrition,* 22(1), p 71-79.

-M-

- ✚ **Marlett J., McBurney M., Slavin J. (2002).** *Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber.* 102(7):993-1000.
- ✚ **Meziant L. (2014).** Etude de l’effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et l’activité antioxydante de neuf variétés de figues (*Ficus carica* L.). Université de Bejaïa.
- ✚ **Minguez-Mosquera M. I., Rejano L., Gandul B., Sanchez A. H. and Garrido J. (1991).** Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of American Oil and Chemical Society,* 68: 332–336.
- ✚ **Morello J., Motilva M., Tovar M., Romero M. (2004).** Changes in commercial virgin olive oil (cv. Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chemistry,* 85: 357–364.

-N-

- ✚ **Nawaz H., Shi J., Mittal G.S. et Kakuda Y. 2006.** Extraction of polyphenols from grape seeds and concentration by ultra filtration. *Separation and Purification Technology.* (48): 176-181.
- ✚ **Noorali M., Barzegar M and Sahari M.A. (2014).** Sterol and fatty acid compositions of olive oil as an indicator of cultivar and growing area. *Journal of American Oil and Chemical Society,* 91:1571-1581.

-O-

- ✚ **Ollivier D., Artaud J., Pinatel C., Durbec J. P. & Guère M. (2003)** Triacylglycerol and fatty acid compositions of French virgin olive oils. Characterization by chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51 (19) pp 5723-5731.
- ✚ **Organisation Internationale de Normalisation : ISO 660 : (1996)** .Corps gras d'origines animale et végétale -Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité.
- ✚ **Ouchemoukh S., Hachoud S., Boudraham H., Moknani A. & Louaileche H. (2012)**. Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. *LWT-Food Science and Technology*. 49(2): 329-332.
- ✚ **Oukabli A. (2003)**. Le figuier un patrimoine génétique diversifier à exploiter Unité de Recherche sur l'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto-génétiques INRA, Centre Régional de Meknès. N° 106.
- ✚ **Owen R., Mier W., Giacosa A., Hull W., Spiegelhalder B., Bartsh H. (2000)**. Phenolic compounds and squalene in olive oils : the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignansandsqualene. *Food Chem. Toxicol.*38:647-59.

-P-

- ✚ **Pellegrini N., Serafini M. et al. (2006)**. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. 50:1030-8.
- ✚ **Perrin J.L. (1992)**. Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile. *Etude et recherche*, 4 : 25-31.
- ✚ **Pietta P., Gardana C. et Pietta A. 2003**. Flavonoids in Herbs. Chapter 2 in: Rice-Evans C.A. et Packer L. *Flavonoids in Health and Disease*. 2nd Edition Marcel Dekker, Inc. Pp 43-69.
- ✚ **Piga A., Pinna I., Özer K.B., Agabbio M. & Aksoy U. (2004)**. Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science & Technology*. 39: 793-799.

- ✚ **Pokorny J., Yanishlieva N. et Gordon M. (2001).** Antioxidants in food Practical applications. First published Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC. 380 p.
- ✚ **Polat.A.A. & Özkaya M. (2005).** Selection studies on fig in the Mediterranean region of Turkey. *Pakistan Journal of Botany*. 37(3): 567-574.
- ✚ **Popovici C., Saykova I. et Tylkowski B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industriel*. 4 : 25-39.
- ✚ **Psomiadou E., Tsimidou M. & Boskou D. (2000)** α -tocopherol content of Greek virgin olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 (5) pp 1770-1775.

-R-

- ✚ **Rao A.V. et Rao L.G. (2007).** Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*. (55): 207-216.
- ✚ **Ribereau-Gayon P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Edition : *Dunod, Paris*. 1-201.
- ✚ **Rougereau A. (1981).** Vitamines In : *Technique d'analyses et de contrôle dans les industries*. Technique et documentation. Ed « Lavoisier- Aparia ».4,245-263.
- ✚ **Ryan D., Robardas K. and Lavee S. (1998).** Evaluation de la qualité de l'huile d'olive. *Olivae*, 72 : 26-38.
- ✚ **Rigide, A.H. ; Madar, huile d'olive de Z.** comme aliment fonctionnel : épidémiologie et approches alimentaires. *Nutr. Rév.* 2002, 60, 170- 176.

-S-

- ✚ **Salvador M.D., Aranda F., Gomez-Alonson S. and Fregapane G. 2000.** Quality characteristics of Cornicabra virgin olive oil. *Res advance in oil chem*.1: 31-39.
- ✚ **Šarolić M., Gugić M., Friganović E., Giovanni Tuberoso C.I. and Jerković I. (2015).** Phytochemicals and other characteristics of Croatian monovarietal extra virgin olive oils from Oblica, Lastovka and Levantinka varieties. *Molécules*, 20: 4395-4409.
- ✚ **Sherwin E. R. (1976)** Antioxidants for vegetable oils. *Journal of the American Chemical Society*. 53 pp 430-436.

- # **Solomon A., Golubowicz S. et al. (2006).** Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). 54(20):7717-23.
- # **Solomon A., Golubowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H.E., Altman A., Kerem Z. & Flaishman M.A. (2006).** Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 7717-7723.
- # **Su Q., Rowley K., et al. (2002).** Identification and quantitation of major carotenoids in selected components of the Mediterranean diet: green leafy vegetables, figs and olive oil. 56(11):1149-54.

-T-

- # **Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J.O. et Dommes J. (2009).** Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. Food Chemistry, 113:1226-1233.
- # **Trad M., Gaaliche B., Renard C.M.G.C. et Mars M. (2012).** Quality Performance of “Smyrna” Type Figs Grown under Mediterranean Conditions of Tunisia. Journal of Ornamental and Horticultural Plants. 2 (3): 139-146.

-V-

- # **Van Het Hof. K., West C., et al. (2000).** Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. 130(3):503-6.
- # **Vassiliki T., Papoti M., Tsimidou Z. (2009).** Looking through the qualities of a fluorimetric assay for the total phenol content estimation in virgin olive oil, olive fruit or leaf polar extract. Food Chemistry, 112: 246–252.
- # **Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L. et Oomah B.D. (1998).** Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. Journal of Agricultural Food Chemistry. (46): 4113-4117.
- # **Vidaud J. (1997).** Le figuier. Editions : centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, 335p.
- # **Vierhuis E., Servili M., Baldioli M., Schols H. A., Voragen A. G. J. & Montedoro G. F. (2001)** Effect of enzyme treatment during mechanical extraction of olive oil on phenolic compounds and polysaccharides. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 49 (3) pp. 1218–1223.

- ✚ **Vinson J., Zubik L., et al. (2005).** Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. 24:44-50.
- ✚ **Vinson J.A., Hao Y. et Zubik L. (1998).** Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *J. Agric. Food Chemistry*. 46: 3630-3634.
- ✚ **Visioli F. & Galli C. (1998).** The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: new findings. *Nutrition Reviews*. 56 (5) pp 142-147.
- ✚ **Visioli, F. ;** Antioxydants normaux de Galli, de C. et prévention de maladie cardiaque coronaire : le rôle potentiel d'huile d'olive et de ses constituants mineurs. *Nutr. Metab. Cardio-. DIS*. 1995, 5, 306-314.

-W-

- ✚ **Waheed S., Siddique N. (2009).** Evaluation of dietary status with respect to trace element intake from dry fruits consumed in Pakistan: a study using instrumental neutron activation analysis. 60:333-43.

-Y-

- ✚ **Young A.J. et Lowe G.M. (2001).** Antioxidant and pro-oxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 385: 20-27.

-Z-

- ✚ **Zarrouk M., Marzouk B., Ben Miled Daoud D. and Cheri A. (1996).** Accumulation de la matière grasse de l'olive et l'effet du sel sur sa composition. *Olivae*, 61: 41-45.

Sites électroniques

<http://faostat.fao.org>,2015

<http://www.opdq.org>.



Annexes

Annexe 1**Tableau 1** : répartition de la production mondiale d'huile d'olive

pays	Production (1000 tonnes 2015/2016)	Production (1000 tonne 2016/2017 prev)	Production (% total monde 2015/2016)
Espagne	1.401.6	1.311.3	52.4
Italie	474.6	243	19.6
Grèce	320	260	13.9
Portugal	109.1	93.6	3.7
France	5	5	-8
Total Europe	2.322.3	1.923.3	
Syrie	110	110	5.4
Turquie	143.62	177	5.6
Tunisie	140	100	6.1
Maroc	130	110	4.1
Algérie	83.5	11	0.3
Total monde	3.159.5	2.713.5	100

Tableau 2 : répartition de la consommation mondiale d'huile d'olive

pays	Consommation (1000 tonnes 2015/2016)	Consommation (1000 tonnes 2016/2017 prev)	Consommation (% total monde 2015/2016)
Espagne	502.5	505	30.6
Italie	583.1	562	36.3
Grèce	140	140	9.9
Portugal	70	70	4.4
France	102	107	6.4
Total Europe	1.618.5	1.607.5	
Syrie	105	105	4.6
Turquie	124	130	4.3
Tunisie	35	35	1.1
Maroc	120	100	3.9
Algérie	81.5	83.5	2.04
Total monde	2.945.5	2.904.0	100

Annexe 2

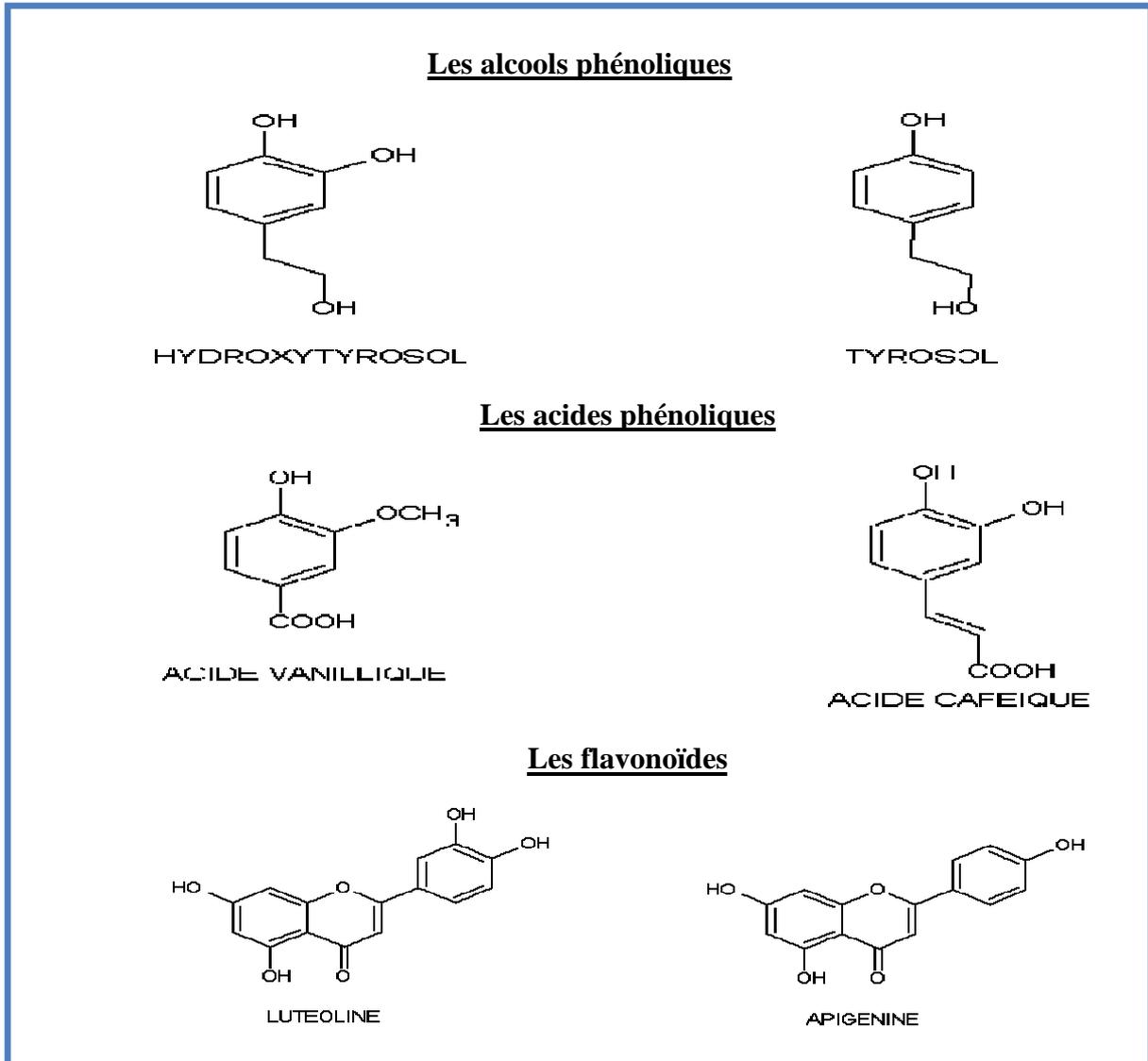


Figure 1 : formule de quelques alcools, acides phénols et flavonoïdes

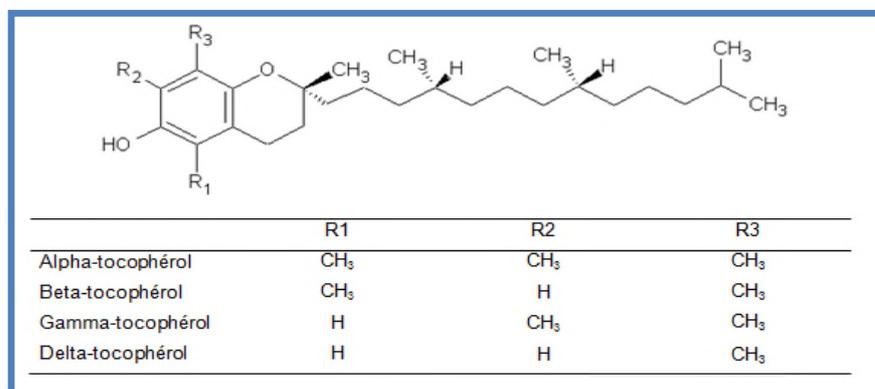
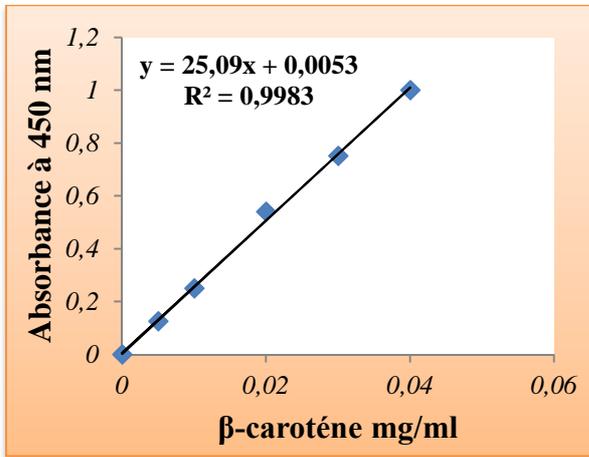
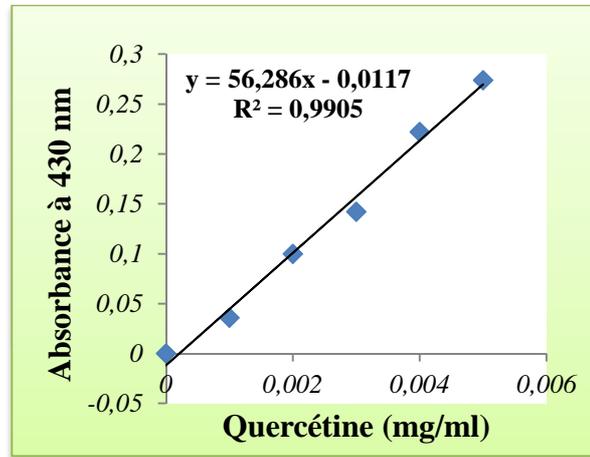
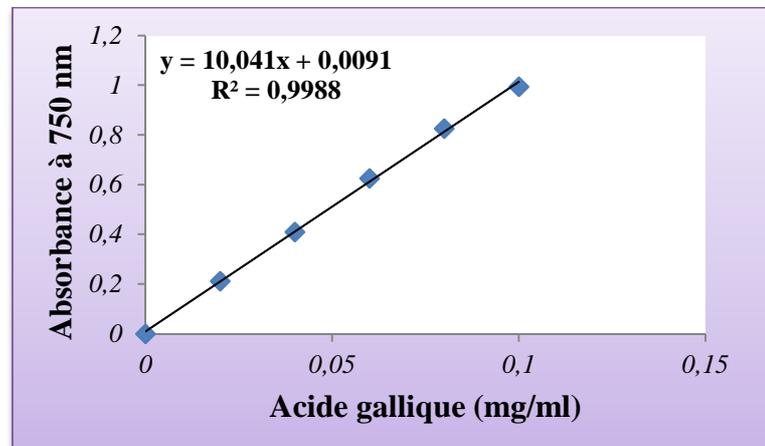


Figure 2 : Structure des tocophérols

Annexe 3**Figure 3:** courbe d'étalonnage des caroténoïdes.**Figure 4:** courbe d'étalonnage des flavonoïdes**Figure 5:** courbe d'étalonnage des composés phénoliques

Annexe 4

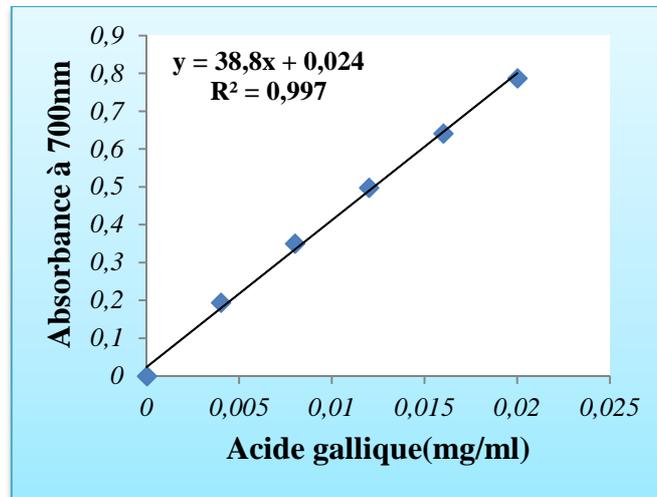


Figure 6: courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

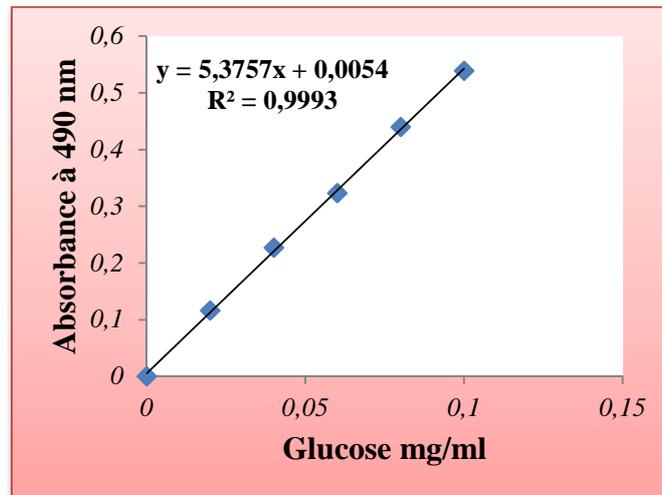


Figure 7: courbe d'étalonnage des glucides

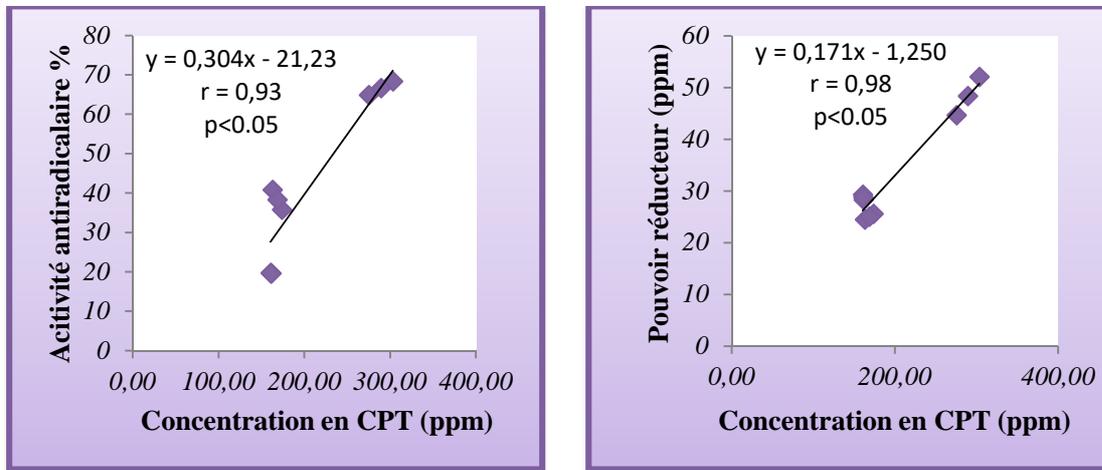
Annexe 5

Figure 1: Corrélacion entre la teneur en composés phénoliques, le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire de l'huile d'olive.

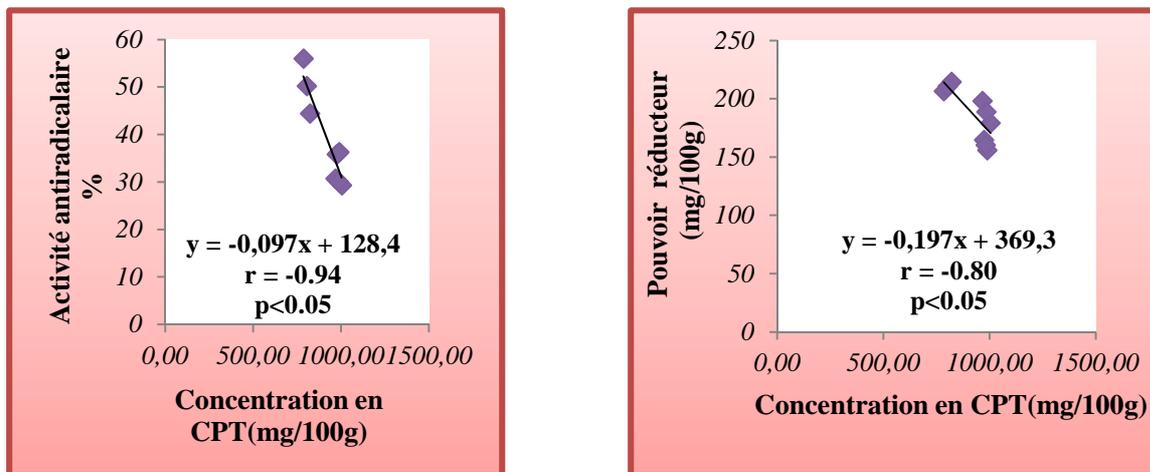


Figure 2: Corrélacion entre la teneur en composés phénoliques, le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire des figes sèches

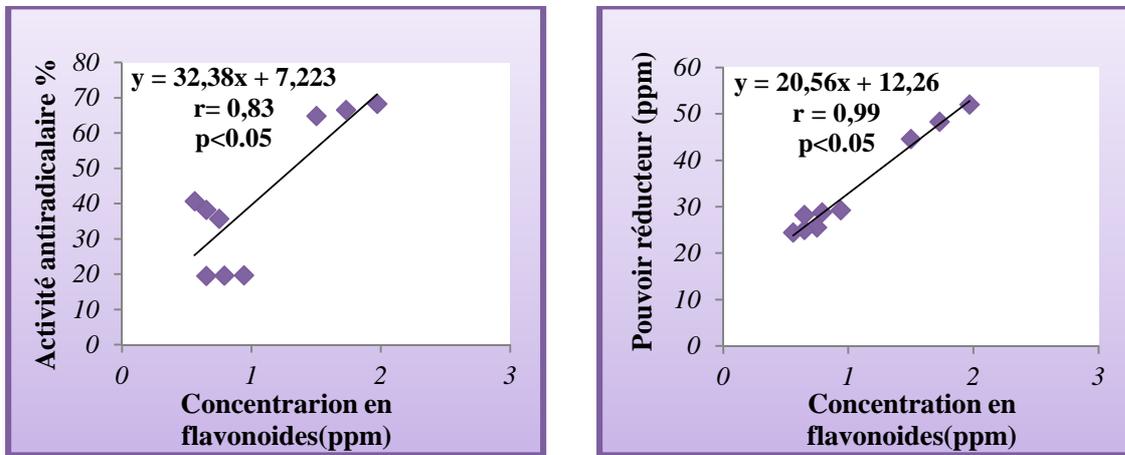
Annexe 6

Figure 3: Corrélation entre la teneur en flavonoïdes, le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire de l'huile d'olive.

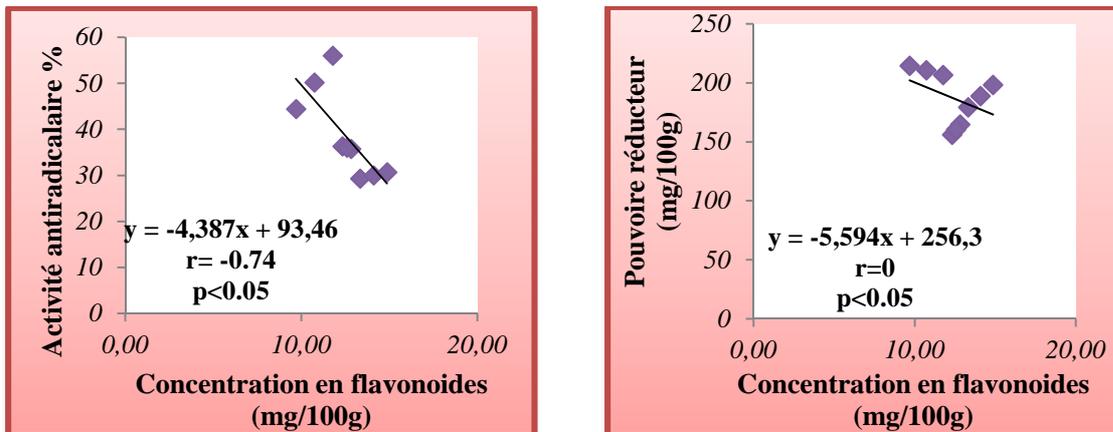


Figure 4: Corrélation entre la teneur en flavonoïdes, le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire des figes sèches

Résumé

La préparation de la figue sèche dans l'huile d'olive est une recette traditionnelle, utilisée depuis des temps reculés par nos aïeux pour ses vertus thérapeutiques et nutritionnelles.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'évolution et l'évaluation des éléments bioactifs, l'activité antioxydante ainsi que les paramètres physico-chimiques d'une figue sèche noire et d'une huile d'olive extra-vierge, seules et une fois macérées. A l'issue des résultats obtenus, ces deux produits restent de bonne qualité et gardent leurs valeurs diététiques.

La macération stimule l'augmentation des concentrations en composés phénoliques, en flavonoïdes et en caroténoïdes pour la figue. Cependant, elle exprime un faible pouvoir inhibiteur qui est dû à la capacité réductrice des molécules non phénoliques telles que les enzymes et les substances non enzymatiques (vitamines, acides aminés...). Tandis que pour l'huile restante du mélange, des réductions importantes des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes sont constatés, ce qui explique la diminution de l'activité antioxydante.

Mots clés : huile d'olive, figue sèche, macération, élément bioactif, activité antioxydante, paramètre physico-chimique.

Abstract

Dried fig macerated in olive oil is a traditional recipe, used since ancient times for our therapeutic and nutritional virtues.

The aim of this work is to study the evolution of bioactive elements, the antioxidant activity as well as the physicochemical parameters of a black dry fig and an extra virgin olive oil, alone and once macerated. The main result show that the products remain in good quality and retain their dietary values after 40 days.

The maceration brings out the increase in the concentrations of total phenolic compounds, flavonoids and carotenoids in figs. However, it expresses a weak inhibitory power due to the reducing capacity of non-phenolic molecules such as enzymes and non-enzymatic substances (vitamins, amino acids, etc.). While for the remaining oil of the mixture, significant reductions in the contents of polyphenols and flavonoids are observed, which explains the decrease in antioxidant activity.

Keywords: olive oil, dry fig, maceration, bioactive element, antioxidant activity, physico-chemical parameter.