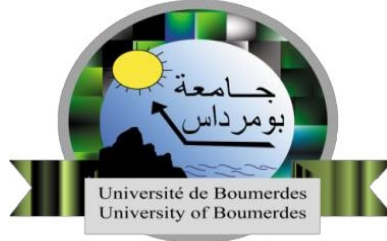


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master 2

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Nutrition et Sciences alimentaires

Thème :

Étude de l'effet de l'incorporation des figues sur l'activité antioxydante de l'huile
d'olive

Présenté par : M^{elle} DOUMAZ Mouna

M^{elle} KHELIF Samia

Soutenance le 04/07/2017 devant le jury :

M ^{me} YOUYOU Soraya	Maître Assistante A	UMBB	Présidente
M ^{me} LEFKIR Samia	Maître de conférences B	UMBB	Examinatrice
M ^{me} YAHIAOUI Karima	Maître de conférences A	UMBB	Promotrice

Promotion 2017/2018

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à remercier le « bon Dieu » le tout puissant, de nous avoir accordé le courage, la patience et surtout la santé pour réaliser et mener au bien notre travail.

Nos profonds remerciements s'adressent à M^{me}YOUYOU.S, pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider ce jury. On lui témoigne nos sentiments de considération et de respect.

Nous tenons également à remercier infiniment notre promotrice M^{me}YAHIAOUI.K, de nous avoir encadrés, ainsi pour les conseils, les orientations et le temps qu'elle nous a consacré afin de réaliser ce travail, qu'elle trouve ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à LEFKIR. S.d'avoir bien voulu s'intéresser à ce travail et d'accepter de l'examiner, nous sommes très honorés de sa présence dans ce jury.

Nous tenons aussi à remercier beaucoup M^rAKSSAS et M^{me} MEDOUNI. H, et l'ensemble de personnel du laboratoire pour leurs conseils et leur précieux aides à accomplir notre stage pratique dans les meilleures conditions et d'avoir eu la gentillesse de nous accueillir parmi eux pendant la durée de stage.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés de près et de loin pour la réalisation de ce travail.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale.....1

Chapitre I : GENERALITES SUR LES PLANTES ETUDIER

I. Olivier et l'huile d'olive	3
I.1. Olivier.	3
I.1.1. Historique.	3
I.1.2. Origine botanique.....	4
I.1.3. Description de l'arbre.....	4
I.1.4. Production	5
I.1.4.1 Production mondiale.....	5
I.1.4.1 Production en Algérie.....	6
I.1.5. Variété d'olivier en Algérie.....	6
I.1.6. Aire géographique de l'olivier	10
I.1.7. Olive.....	11
I.1.8. Composition chimique du fruit de l'olivier.....	12
I.2. Huile d'olive.....	13
I.2.1. Définition.....	13
I.2.2. Type de l'huile d'olive.....	13
I.2.3. Composition chimique de l'huile d'olive.....	14
I.2.3.1. Fraction saponifiable.....	15
a) Acides gras.....	15

b) Triglycérides.....	16
I.2.3.2. Fraction insaponifiable.....	16
I.2.4. Production de l'huile d'olive.....	17
I.2.4.1. Extraction moderne (procédé continu)	17
I.2.4.2 Extraction traditionnelle (procédé discontinu).....	18
I.5. Bienfaits de l'huile d'olive.....	18
II. Figuier et figue.....	19
II.1. Figuier.....	19
II.1.1. Historique.....	19
II.1.2. Origine botanique.....	19
II.1.3. Description de la plante.....	20
II.1.4. Production.....	21
II.1.4.1. Production mondiale.....	21
II.1.4.2. Production nationale.....	21
II.1.5. Variétés.....	22
II.1.6. Répartition géographique.....	22
II.2. La figue.....	23
II.2.1. Définition	23
II.2.2. Composition chimique de la figue	24
II.2.3. Technologie de séchage des figues.....	25
II.2.4. Les bienfaits de la figue.....	26
Chapitre II :ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE	
I. Stress oxydatif.....	27
I.1. Définition.....	27
I.2. Radicaux libres.....	27

I.2.1. Définition.....	27
I.2.2. Origine des radicaux libres.....	27
I.2.3. Rôle des radicaux libres.....	28
I.3. Conséquences du stress oxydatif.....	29
II. Antioxydants et activité antioxydante.....	29
II.1. Antioxydants.....	29
II.1.1. Définition.....	29
II.1.2. Sources d'antioxydants.....	30
II.1.3. Principaux modes d'action des antioxydants.....	30
II.2. Activité antioxydante.....	30
II.2.1. Mécanismes d'action des antioxydants.....	30
II.2.2. Antioxydants phénoliques.....	31
II.2.2.1. Composés polyphénols.....	31
II.2.2.2. Classification et structure chimique.....	31
II.2.2.3. Activité antioxydante des polyphénols.....	33
II.2.2.4. Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques.....	33

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

I. Matériels

I.1. Matériel végétale (biologiques)	35
I.1.1. Préparation de la macération :	35
I.2. Matériels non biologiques.....	36

II. Méthodes	36
---------------------------	----

II.1. Analyses organoleptiques	36
II.2. Analyses physico-chimiques	37
II.2.1. Indice d'iode	37
II.2.2. Mesure de potentiel hydrogène.....	38
II.2.3. Acidité libre.....	38
II.2.4 Indice de saponification.....	38
II.2.5. Indice de peroxyde.....	39
II.2.6. Teneur en eau	40
II.2.7. Densité relative à 20°C.....	40
II.2.8. Indice de réfraction	40
II.2.9. Extinction spécifique	41
II.3. Teneur en pigments	41
II.3.1. Détermination de la teneur en pigments	41
II.3.1.1. Détermination de la teneur en chlorophylle	41
II.3.1.2. Détermination de la teneur en caroténoïdes	41
II.4. Extraction des composés phénoliques des figues sèche	42
II.5. Dosage des polyphénols	42
II.6. Extraction des composés phénoliques totaux	43
II.7. Activité scavenger sur le radical DPPH	43
Résultats et discussion	
I. Analyses organoleptiques	44
II. Analyses physico-chimiques	44
II.1. Caractères chimiques	44
II.1.1. Indice d'iode.....	44
II.1.2. Potentiel hydrogène	45

II.1.3. Acidité libre.....	46
II.1.4. Indice de saponification.....	48
II.1.5. Indice de peroxyde	49
II.2. Caractères physiques.....	51
II.2.1. Teneur en eau.....	51
II.2.2. Densité relative à 20°C.....	51
II.2.3. Indice de réfraction.....	52
II.2.4. Extinction spécifique	53
III. Teneur en pigments	55
III.1. Les chlorophylles.....	55
III.2. Les caroténoïdes	57
IV. Teneur en composés phénoliques	59
IV.1. Poly phénols totaux	59
V. Activité antioxydant des poly phénols	61
V.1. Pouvoir anti radicalaire (DPPH).....	61
Conclusion.....	64

Références bibliographique

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : Arbre de l'olivier (originale)	5
Figure 2 : la répartition de l'olivier dans le monde	10
Figure 03 : Coupe schématique du fruit olivier	12
Figure 04 : Fruits d'olivier	12
Figure 05 : L'arbre du figuier	20
Figure 06 : Les feuilles du figuier.....	20
Figure 07 : Zone de développement spontané du figuier sur le pourtour méditerranéen).....	23
Figure 08 : Caractéristiques morphologiques de la figue.....	23
Figure 09 : Indice d'iode.....	45
Figure 10 : Potentiel d'hydrogène	45
Figure 11 : Pourcentage d'acidité libre	45
Figure 12 : Indice de saponification	48
Figure 13 : Indice de peroxyde.	49
Figure 14 : La teneur en eau.....	51
Figure 15 : Densité relative.....	52
Figure 16 : Indice de réfraction.....	52
Figure 17 : Extinction spécifique	53
Figure 18 : Teneur en chlorophylles.....	55
Figure 19 : Evaluation des caroténoïdes de l'huile d'olive avant et après macération des figues.....	57
Figure 20 : Evolution en composés phénoliques de l'huile d'olive des échantillons étudiés...59	
Figure 21 : pourcentage d'inhibition des différents échantillons étudiés.....	62
Figure 22 : Courbe d'étalonnage de la concentration d'acide galique.....	Annexe

Liste des tableaux

Tableau n°1 : principaux pays producteurs d'olive et d'huile d'olive dans le monde.....	6
Tableau n°2 : Les variétés nationales de l'olivier.....	7
Tableau n° 3 : La composition chimique de l'olive	12
Tableau n°4 : Classification de l'huile d'olive	13
Tableau n°5 : Composition de l'huile d'olive en acides gras	15
Tableau n°6 : Production des figes en tonne des principaux pays dans le monde	21
Tableau n°7 : Les principales variétés de figuier en Algérie.....	20
Tableau n°8 : Quantité de lignanes et polyphénols totaux dans 100g net de figes	24
Tableau n° 9 : Composition de la fige sèche	24
Tableau n°10 : liste de matériels non biologiques.....	36
Tableau n°11 : Caractéristiques organoleptiques des échantillons	44
Tableau n°12 : Critères de qualités d'huile d'olive.....	Annexes
Tableau n°13 : Tableau des résultats obtenus	Annexes
Tableau n°14 : Caractéristiques physicochimiques de l'huile d'olive.....	Annexes

Liste des abréviations

A% : pourcentage d'acidité

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

ADN : acide désoxyribonucléique

ARN : acide ribonucléique

DPPH : 2,2-diphénylcrythydrazyl

FRAP : Ferric reducing ability of plasma

H%: taux d'humidité

Ha: hectare

IP: indice de peroxyde

IR : indice de réfraction

IS : indice de saponification

Mm: masse

M : masse molaire

N : normalité

Nm : nanomètre

meqAG : milliéquivalent acide gallique

ORAC : oxygène radical antioxydant capacity

PE : prise d'essai

ROS : reactive Oxygen Species

TRAP : Total radical-trapping antioxidant parameter

TEAC : Total equivalent antioxidant parameter

Introduction

L'olivier est cité dans le saint Coran comme étant un arbre béni, symbole de l'homme universel et l'huile d'olive, est source de la lumière divine pour guider les hommes. L'origine de l'olivier se perd dans la nuit des temps, son histoire se confond avec des civilisations qui ont vu le jour. L'olivier (*Olea europea* L.) arbre ancestral profondément ancré dans les civilisations méditerranéennes et arabo-musulmanes, a toujours constitué, de par sa forte charge emblématique en terme de paix et de prospérité, un facteur d'atténuation des clivages culturels des peuples du Bassin méditerranéen **(Mataix et Barbancho, 2006)**. Le régime alimentaire méditerranéen est associé avec une faible incidence de maladies cardiovasculaires, d'athérosclérose, de maladies neurodégénératives et de certains types de cancer. Les bienfaits sur la santé de ce régime ont été partiellement associés à la consommation de l'huile d'olive vierge par les populations méditerranéennes **(Cicerale et al., 2010)**.

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 **(Cicerale et al., 2009)**. Les antioxydants naturels comme la vitamine C et la vitamine E ont prouvé leurs effets protecteurs contre l'oxydation des huiles **(Lolos et al., 1999)**. De ce fait, les industries agroalimentaires développent l'utilisation des antioxydants naturels et surtout leur incorporation dans les huiles destinées à la friture **(Peschel et al., 2006)**. Les principaux antioxydants de l'huile d'olive sont des dérivés de l'oleuropéine et du ligstroside et font donc partie de la classe des composés phénolique **(Sébastien, 2010)**.

L'effet préventif de ces aliments résulte de la présence d'un éventail de molécules dont les poly- phénols, les caroténoïdes et certaines vitamines qui s'opposent à l'action néfaste de ces radicaux libres **(Ramos et al., 2003)**. Vu la diversité de composition et les différentes sources naturelles des polyphénols, un protocole d'extraction universel de ces composés n'est pas conseillé, et des processus spécifiques et optimisés doivent être désignés pour leur extraction **(Pinelo et al., 2005)**. La teneur de l'huile d'olive en composés phénoliques dépend de plusieurs facteurs, comme la variété, les conditions climatiques et le degré de maturation des olives et la technologie d'extraction de l'huile **(Servili et al., 2004)**.

La figue est un fruit mentionné par dieu dans le Coran, c'est un des fruits les plus utilisé dans nos traditions et notre civilisation, surtout avec l'huile d'olive grâce à ses propriétés nutritives. En effet, l'olivier et le figuier appartiennent aujourd'hui à la trilogie

Introduction

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**).

Les propriétés bénéfiques de l'huile d'olive et de la figue sont liées directement avec l'activité antioxydante qui fait partie des composés phénoliques, c'est la raison pour effectuer une étude sur la consommation des figues et de l'huile d'olive seuls ou additionnés.

Le premier but de cette recherche est de faire une étude comparative entre deux échantillons de l'huile d'olive de la même variété et la même région extraites par deux processus l'un traditionnel ou artisanale et l'autre industriel.

Le deuxième but est d'étudier l'effet de macération de la figue noir sèche dans ces deux types de l'huile d'olive sur l'évolution des caractéristiques physicochimiques, l'activité antioxydante des composés phénoliques avant et après imprégnation des figues.

I. Olivier et l'huile d'olive

I.1. Olivier

I.1.1. Historique

L'histoire de l'olivier se perd dans la nuit des temps et se confond avec celle des civilisations qui se sont succédées en Méditerranée (A.F.I.D.O.L, 2012). L'olivier sauvage, appelé oléastre, est présent dans de nombreuses régions du pourtour méditerranéen (oriental et occidental) depuis les dernières glaciations. Les premières traces de l'oléastre datent d'il y a 60 000 ans. La culture de l'olivier est beaucoup plus tardive. Les premières traces concluantes de domestication de l'olivier sont datées de 5500 ans avant J-C au sud d'Haïfa (Proche-Orient) et 5 000 ans avant J-C dans les Pyrénées-Orientales et en Espagne. Des fragments d'oléastres et des noyaux ont également été trouvés dans des sites du Néolithique et de l'âge de Bronze, en Espagne (Blázquez, 1997).

En effet, des analyses de charbon et de pollen conservés dans certains gisements sibéro-maurisiens (Taforalt, Grotte, Rassel et Courbet) en Tunisie, ou capsiens (Ouled Djellal, Relilaï) en Algérie, attestent que l'oléastre existait en Afrique du Nord dès le XII^{ème} millénaire et certainement bien avant (Dudur, 2001). L'huile d'olive faisait l'objet d'un commerce intense entre l'Algérie et Rome, durant l'époque romaine. Depuis cette époque, l'histoire de l'olivier se confond avec l'histoire de l'Algérie (Mendil et Sebai, 2006).

I.1.2. Origine botanique

L'olivier appartient à la famille des oléacées qui comprend 20-29 genres, selon la classification de Morettini (1972), et de 30 genres et 60 espèces selon Conquist (1981). Selon la classification de Pagnol (1975), l'olivier présente la classification suivante:

Règne : *Plantae*

Sous-règne : *Tracheobionta*

Partie bibliographique

Embranchement : Spermaphytes (Phanérogames).

Sous-embranchement : Angiospermes

Sous-classe : Astéridées (Gamopétales).

Ordre : Gentianales (ou Lingustales).

Famille : Oleacées.

Genre : Olea.

Espèce : Olea europaea.

I.1.3. Description de l'arbre

L'olivier (*Olea europea* L.) est un arbre méditerranéen par excellence, originaire d'un climat subtropical sec (Lavee, 1997). L'olivier peut atteindre en moyenne 10 à 15 m de hauteur et un tronc de 1.50 à 2 m de diamètre dans les régions relativement chaudes, (Loussert et Brousse, 1978). L'olivier s'adapte bien à des conditions d'environnement extrêmes telles que la sécheresse et la chaleur. (Tombesi et Cartechini, 1986). Dans les sols aérés, les racines peuvent atteindre une profondeur de 6 à 7 mètres ou même plus (Yankovitch et Berthelot, 1947). Les feuilles sont blanches argentées sur la face inférieure et vertes grisâtres sur la face supérieure (Benlemlih et Ghanam, 2012). Le tronc est jaunâtre puis passe au brun très clair, très dur et compact (Figure 1) (Becker *et al.*, 1983).

Partie bibliographique



Figure 1 : Arbre de l'olivier (originale)

I.1.4. Production

I.1.4.1. Production mondiale

La production mondiale de l'olive en 2013 est évaluée à 2039669953 tonnes (F.A.O, 2013). « Classée deuxième à l'échelle mondiale, après l'Espagne avec 1,8 million d'hectares comptant 86 millions d'oliviers, la Tunisie s'attend à une croissance de sa production d'huile d'olive pour 2017-2018 à raison de 20% à 30% par rapport aux deux dernières saisons ». Environ 13 millions de tonnes d'olives du monde, dont 80% de sa production est concentrée dans cinq pays méditerranéens. 92% de la production est considérée comme grasse, 8% est considéré comme huile table. Dans le monde 26,6% de la production est en Espagne, 23,1% en Italie, 14,8% en Grèce, 8,2% en Turquie, 7,4% étaient la Tunisie et 4,5% est fourni par le Maroc (Tableau 1) (Akilhoglu et Özen, 2000).

Partie bibliographique

Tableau n 1 : Principaux pays producteurs d'olive et d'huile d'olive dans le monde (C.O.I,2006)

Moyenne 2000/06 (en tonnes /an)	huile d'olive production	Huile d'olive consommation	Olive de table production	Olive de table consommation	Surface cultivée Ha en 2005	Rendement QX / Ha En 2005
Espagne	10788005	589100	496900	185700	11990900	32.69
Italie	669000	795300	64900	146700	1141270	33.7
Grèce	394900	272700	107800	32600	797030	33.38
Turquie	119800	55600	107800	136700	649350	13.09
Maroc	160800	54700	186500	29400	1204700	10.25
Tunisie	144500	42300	191700	14100	1500000	4.00
Syrie	134500	117300	138700	122800	500000	12.4
Algérie	34300	35300	59300	60800	239350	13.22
Jordanie	24200	21700	23900	22000	64520	17.53
Palestine	15800	10300	6900	8000	/	/

I.1.4.2. Production en Algérie

La situation provisoire arrêtée en mois d'Avril 2017 indique une production totale d'olive dépassant les 680.000 tonnes dont plus de 390. 000 tonnes sont destinées à l'huile avec une production de près de 700.000 hl de l'huile d'olive. Le Conseil oléicole international (C.O.I) la classe au septième rang mondial avec une production de 80 000 tonnes et une croissance de 27% par rapport à la saison 2016-2017.

I.1.5. Variété d'olivier en Algérie

Selon Mendil et Sebai (2006), l'Algérie dispose d'un patrimoine constitué de 164 cultivars autochtones 72 variétés autochtones dont 36 sont homologuées, le reste est en cours de réalisation (Tableau 2).

Généralités sur les plantes étudiées

Tableau n°2 : Les variétés nationales de l'olivier (**Mendil et Sebai, 2006**)

Variétés et synonyme	Origines et diffusion	Caractéristiques
Var. Azeradj	Petit Kabylie (oued Soummam), occupe 10% de la surface oléicole nationale	Arbre rustique et résistant à la sécheresse ; fruit de poids élevé et de forme allongée ; utilisée pour la production d'huile et olive de table, rendement en huile de 24 à 28%
Blanquette de Guelma	Originaire de Guelma ; assez répandue dans le nord-est constantinois, Skikda et Guelma	Sa rigueur moyenne, résistante au froid et moyennement à la sécheresse ; le fruit de poids moyen et de forme ovoïde, destiné à la production d'huile, le rendement de 18 à 22% ; la multiplication par bouturage herbacé donne un bon résultat 43.4%
Bouricha, olive d'El-Arrouch	El-Harrouch, Skikda	Arbre rustique, résistant au froid et à la sécheresse ; poids faible du fruit et de forme allongée, production d'huile, rendement de 18 à 22%.
ChemlalSyn, Achemlal	Occupe 40% des verges oléicole national, « présent surtout en Kabylie » s'étend des monts Zekkar à l'ouest aux Bibans à l'est	Variété rustique, et tardive, le fruit de poids faible et de forme allongée, destiné à la production d'huile, le rendement d'huile de 18 à 22

Généralités sur les plantes étudiées

Ferkani, Ferfane	Ferfane (Tebessa), diffusée dans la région des Aurès.	Variété de vigueur moyenne, résiste au froid et à la sécheresse, le poids de fruit est moyenne de forme allongée, production d'huile et rendement très élevé 28 à 32%, le taux d'enracinement des boutures herbacées de 52.30% variétés en extension en région steppique etprésaharienne.
Grosse de Hamma, syn. OueldEthour	Hamma (constantine)	Variété précoce résistante au froid et à la sécheresse ; fruit de poids très élevé et de forme allongée, double aptitude: huile et olive de table, le rendement de 16 à 22%
Hamra, syn. rougette ou roussette	Originaire de Jijel, diffusée au nord constantinois	Variété précoce, résistante au froid et à la sécheresse, le fruit et de poids faible et ovoïde, utilisée pour la production d'huile, rendement de 18 à 22%.
Limli	Originaire de sidi-aiche (Bejaïa), occupe 8% du verger oléicole national, localisée sur les versants montagneux de la base vallée de Soummam jusqu'au littoral.	Variété précoce, peu tolérante au froid, résistante à la sécheresse, le fruit et de poids faible de forme allongée, utilisée dans la production d'huile, le rendement de 20 à 24%

Généralités sur les plantes étudiées

Longue de Miliana	Originaires de Maliana, localisée actuellement dans la région El-khemis, Cherchell et le littoral de Ténés.	Variété tardive, sensible au froid et à la sécheresse ; les fruits de poids moyen et de forme sphérique, utilisée pour la production d'huile et olive de table, rendement de 16 à 20%.
Rougette de Mitidja.	Plaine de Mitidja	Variété rustique, le fruit est moyen et allongé, utilisée pour la production d'huile, rendement de 18 à 20%; le taux d'enracinement des boutures herbacées donne un résultat moyen de 48.30%
Souidi.	Vallée d'oued Arabchercharkhenchela	Variété tardive, résistante au froid et à la sécheresse ; fruit moyen et allongé, utilisé dans la production d'huile le rendement de 16 à 20%, le taux d'enracinement est faible.
Sigoise ou olive de Tlemcen ou olive de tell.	Elle est dominante depuis oued Rhiou jusqu'à Tlemcen	Variété rustique, le fruit et de poids moyen et de forme ovoïde, produit une olive à deux fins est très
		recherchée pour la conserverie et donne un bon rendement en huile de 18 à 22%, le taux d'enracinement moyen est de 51.6% elle est sensible au dacus et au coclonium.

Généralités sur les plantes étudiées

I.1.6. Aire géographique de l'olivier

L'olivier connaît une distribution géographique assez large due à son adaptation à toutes les conditions édaphiques et aux reliefs du sol. Cependant, la rusticité de l'olivier lui confère une certaine marginalité, car l'espèce *Olea europaea* L. peut bien exprimer son potentiel génétique par de hauts rendements dans des conditions très favorables (Lopez, 1997). Les superficies mondiales consacrées à l'olivier (olives de table et olives à huile) se situent en 2005 au niveau de 7.5 millions d'hectares (Figure 2) (F.A.O, 2005).

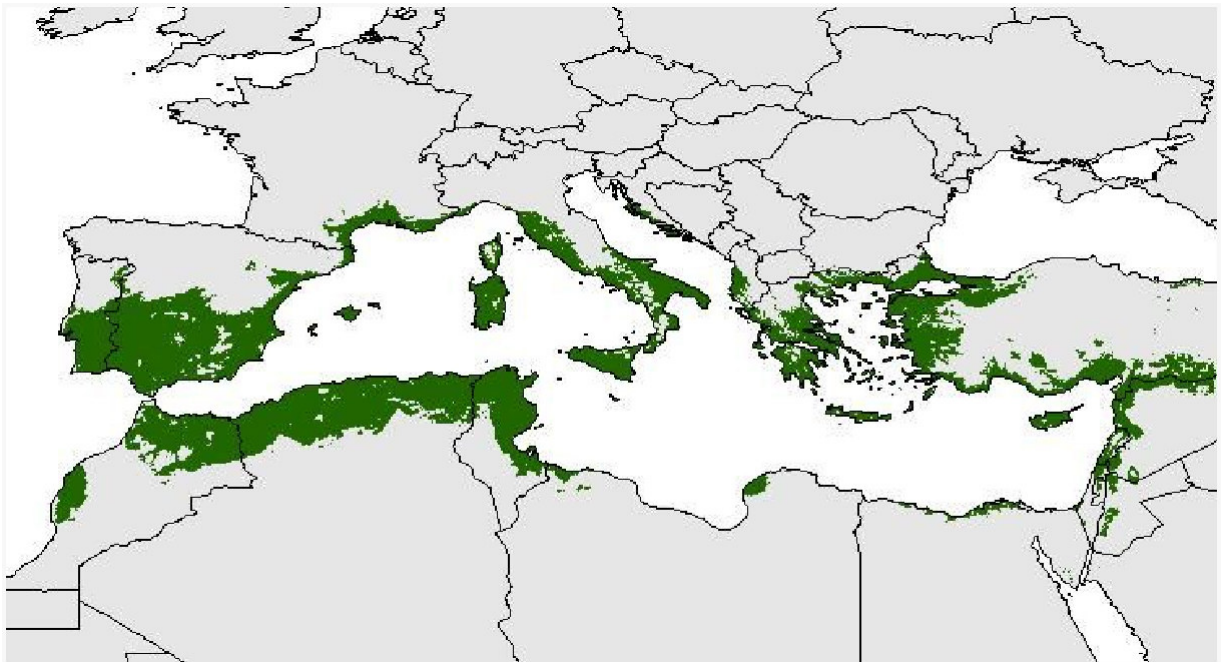


Figure 2 : la répartition de l'olivier dans le monde (Oteros, 2014).

Généralités sur les plantes étudiées

I.1.7 Olive

L'olivier produit un fruit, soit consommable après confiserie, soit transformé en un produit des dieux (Laurent, 2008). Selon Loussert et Brousse (1978), c'est une drupe à mésocarpe charnu, riche en lipides, sa forme est ovoïde ou ellipsoïde. Les fruits se retrouvent à la surface de la frondaison et sa fructification est bisannuelle dans toutes les conditions de croissance. (Lavee, 1997).

Les fruits de l'olivier cultivé et sauvage sont composés de trois (03) parties (Figure 03):

L'épicarpe : C'est la peau de l'olive. La cuticule est imperméable à l'eau. A maturation, l'épicarpe passe de la couleur vert tendre à la couleur violette ou rouge puis à la coloration noirâtre) (Loussert et Brousse, 1978).

Le mésocarpe : C'est la pulpe du fruit, elle est constituée de cellule qui stocke les gouttes de graisses qui formeront huile d'olive (Loussert et Brousse, 1978).

L'endocarpe : Est constitué par un noyau fusiforme, très dur, il contient deux ovaires dont l'un stérile et le second produit un embryon (Loussert et Brousse, 1978).

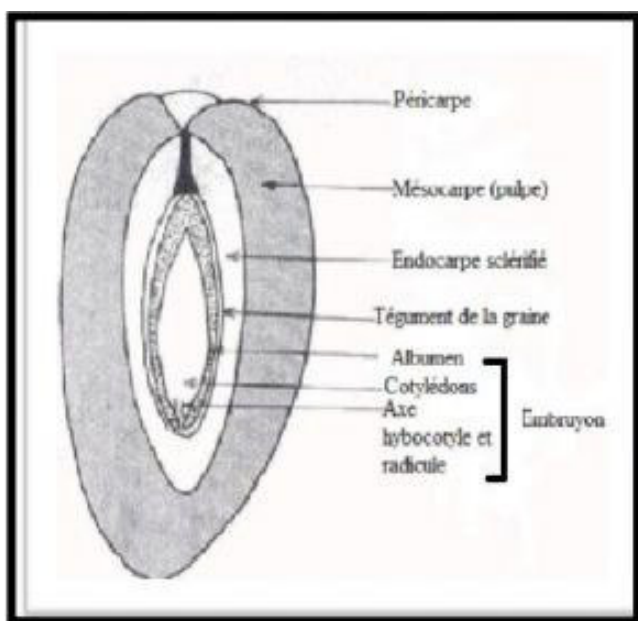


Figure 03 : Coupe schématique du fruit olivier (Loussert et Brousse,1978).



Figure 04 : Fruits d'olivier (Breton et Bervillé, 2012).

I.1.7. Composition chimique du fruit de l'olivier

La composition chimique du fruit de l'olivier ; selon **Maillard (1975)**, est résumée dans le tableau suivant:

Tableau n° 3 : La composition chimique de l'olive (**Maillard, 1975**).

Partie anatomique	Eau%	Lipides%	Protides%	Glucides%	Cendres%
Epicarpe	24.2 %	56.40 %	6.8 %	9.9 %	2.66 %
Mésocarpe	4.2 %	5.25 %	15.6 %	70.3 %	4.16 %
Endocarpe	6.2 %	12.26 %	13.8 %	65.6%	2.16%

Généralités sur les plantes étudiées

I.2. Huile d'olive

I.2.1. Définition

L'huile d'olive est un aliment biologique aux qualités nutritionnelles confirmées (Laurent, 2008). L'huile d'olive est obtenue par trituration des péricarpes des fruits et pas de leurs graines, dans un moulin à huile spécifique (Ben Sassi *et al.*, 2006).

I.2.2. Types de l'huile d'olive

La classification de l'huile d'olive en plusieurs sous catégories se fait par différents critères selon (Codex Alimentaire, 1989). L'appartenance à une catégorie est définie en fonction de l'évaluation de quelques paramètres de qualité (Tableau 4) (Fedeli, 1999).

Tableau n°4: Classification de l'huile d'olive (Codex Alimentaire, 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 (Défaut)	Me >0 Me = 0	Me >0 0 < Me < 2,5	Me = 0 2,5 < Me < 6,0	Me > 6,0	/	/
Densité relative (à 20°C)	/	/	0,910-0,916	/	0,910-0,916	/
Acidité libre (% d'acideoléique)	≤ 0,8	≤ 2	≤ 3,3	> 3,3	0,3	≤ 1
Indice de peroxyde (meq O ₂ /Kg)	≤ 20	≤ 20	≤ 20	Non limité	< 5	< 15
Extinction spécifique (UV) K232 (K270)	≤ 2,5 ≤ 0,22	≤ 2,6 ≤ 0,25	/ ≤ 0,3	/ /	≤ 1,1	< 0,15 0,9

Généralités sur les plantes étudiées

Huile d'olive vierge extra : son acidité libre est au maximum

0,8%. Huile d'olive vierge : son acidité libre est de 2% au maximum.

Huile d'olive vierge courante : son acidité libre est de 3,3 % au

maximum. Huile d'olive vierge lampante : son acidité libre est supérieure à 3,3 %.

Huile d'olive raffinée : Huile d'olive obtenue à partir des huiles d'olive vierges par des techniques de raffinage qui n'entraînent pas de modifications de la structure glycéridique initiale, son acidité libre est au maximum 0,3%.

Huile d'olive : constituée par le coupage d'huile d'olive raffinée et vierge, son acidité libre est au maximum de 1 %.

Huile de grignons d'olive : son acidité libre est au maximum 1%.

Huile de grignons d'olive raffinée : son acidité libre est au maximum 0,3.

I.2.3. Composition chimique de l'huile d'olive

L'huile d'olive est composée à 99% d'acides gras sous forme de Triglycérides. Les acides gras appartiennent à la famille des lipides. Ces lipides contiennent une fraction principale dite saponifiable (phospholipides, triglycérides) et une fraction mineure insaponifiable (stérols, hydrocarbures, alcools aliphatique et terpénique, tocophérols, caroténoïdes). (Sebastian, 2010).

La fraction saponifiable constituants majeurs (triglycérides, phospholipides etc.) et la fraction insaponifiable - constituants mineurs (hydrocarbures, les stérols, alcools tri-terpéniques, tocophérols, chlorophylles, caroténoïdes).

Généralités sur les plantes étudiées

I.2.3.1. Fraction saponifiable

a) Acides gras

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) (Tableau 5) (Benrachou, 2013).

Tableau n°5 : Composition de l'huile d'olive en acides gras (C.O.I, 2003).

Acide gras	Symbole	Limite de variabilité (%)
Acide myristique	C14 : 0	$\leq 0,05$
Acide palmitique	C16 : 0	$\leq 0,05$
Acide palmitoléique	C16 : 1	0,3 – 3,5
Acide heptadécanoïque	C17 : 0	$\leq 0,3$
Acide heptadécénoïque	C17 : 1	$\leq 0,3$
Acide stéarique	C18 : 0	0,5 – 5,0
Acide oléique	C18 : 1	55,0 – 83,0
Acide linoléique	C18 : 2	3,5 – 21,0
Acide linoléique	C18 : 3	$\leq 1,0$
Acide arachidique	C20 : 0	$\leq 0,6$
Acide gadoléique	C20 : 1	$\leq 0,4$

Généralités sur les plantes étudiées

Acide béhénique	C22 : 0	$\leq 0,2$
Acide lignocérique	C24 : 0	$\leq 0,2$

b) Triglycérides

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 %) (**Boskouet al., 2006**).

I.2.3.2. Fraction insaponifiable

Cette fraction, dénommée constituants mineurs, représente environ 2 % de la composition totale de l'huile d'olive (**Visioli et Galli, 1998**).

a) Composés phénoliques : Composés phénoliques contribuent fortement au goût piquant, à l'astringence et à l'amertume des huiles (**Brenes, 2000**). L'huile d'olive vierge comporte plusieurs classes de composés phénoliques tels que les acides phénoliques, les alcools phénoliques, les hydroxy- isochromanes, les flavonoïdes, les sécoïridoïdes et les lignanes (**Serviliet al., 2004**).

b) Hydrocarbures : Le composant majeur est le squalène qui constitue 30 à 50 % de cette fraction (**Samaniegoet al., 2010**). Le squalène présente un effet protecteur à des faibles températures et à l'obscurité (**Ower, 2000**).

c)Alcoolstriterpéniques :Parmicescomposants,lecycloarténolestintéressantdepar son action favorisant l'excrétion fécale du cholestérol, grâce à une augmentation de l'élimination des acides biliaires (**Somovaet al.,2003**).

d) Tocophérols : Les tocophérols sont reconnus pour leur doubleaction bénéfique. En effet ils ont tout d'abord l'a tout d'être une vitamine (vitamineE) et ils ont également une forte activité antioxygène (**Burton, 1986**).

e)Stérols : Les stérols représentent les constituants majeurs de la fraction insaponifiable de l'huile d'olive (20%) et sont présents sous forme libre et est vérifiée avec les acides gras

Généralités sur les plantes étudiées

(Phillips et al., 2002). Les stérols de l'huile d'olive, en particulier, le β -sitostérol et le Δ -5-avenastérol, sont doués de propriétés antioxydantes (Ben Tekaya et Hassouna, 2005).

f) Tocophérols : Ils contribuent à la stabilité oxydative et aux qualités nutritionnelles de l'huile d'olive (Gimeno et al., 2002).

g) Caroténoïdes : Les principaux caroténoïdes dans l'huile d'olive sont la lutéine, le β -carotène et les xanthophylles (García, 2006). Ils possèdent une activité antioxydante (Giuffrida et al., 2007).

h) Les chlorophylles : Les chlorophylles a et b sont naturellement présentes dans les olives fraîches ; les phéophytines a et b présentent 40 à 80% des chlorophylles totaux de l'huile (Criado et al.,

2007). I.2.4. Production de l'huile

d'olive

Il existe deux types d'extraction de l'huile d'olive:

L'extraction traditionnelle ou classique : « procédés en discontinu ou système à presse ».

L'extraction moderne : « procédés en continu ou système à centrifugation ».

I.2.4.1. Extraction moderne (procédé continu)

a. Effeillage : Etape très importante car la présence des feuilles durant la trituration des olives entraîne une coloration trop verdâtre de l'huile qui est due à la présence des pigments chlorophylliens qui favorisent l'oxydation des huiles

b. Lavage : Opération fondamentale pour éviter certaines contraintes:

- Interférences des terres avec les propriétés organoleptiques (couleur, odeur, gout.) des huiles.

- Réduction des rendements ; vu que les terres accompagnant les olives absorbent plus de 25 % de leur poids en huile.

Généralités sur les plantes étudiées

c. Broyage : Réalisé à l'aide d'un broyeur à marteau, ou des disques pour obtenir une pâte. Le broyage mécanique à marteau est plus efficace dans l'extraction des composés phénoliques que le broyage à meule (*Veilletet al., 2009*).

d. Malaxage : Ce processus est réalisé au moyen d'un équipement dénommé-mémalaxeur, la pâte obtenue par broyage est ensuite malaxée un certain temps afin de permettre à l'huile de s'extraire des cellules végétales écrasées.

L'application de différentes températures durant le malaxage engendre une augmentation des polyphénols de l'huile d'olive (*Angerosaet al., 2001*)

e. Séparation des phases : La pâte malaxée est injectée par une pompe dans une centrifugeuse dont l'axe est horizontal. Cet appareil est appelé décanteur horizontal.

f. Décantation : On utilise des centrifugeuses verticales à assiettes qui permettent de séparer l'huile d'olive des margines.

I.2.4.2 Extraction traditionnelle (procédé discontinu)

Les deux premières étapes (a, b) sont les mêmes.

c. Broyage : Il est réalisé par des meules en pierre de granit. Elles tournent dans un bac dont le sol est également en pierre.

d. Malaxage : Cette étape permet de libérer le maximum d'huile.

e. Séparation des phases : Cette opération est répétée jusqu'à l'assèchement complet de la pâte. À chaque pressée, on douche la pile de scourtins contenant la pâte avec de l'eau chaude afin de faciliter l'exsudation de la phase liquide de la pâte. La phase liquide s'écoule dans un bac. Les grignons restent sur les scourtins. Cette opération dure environ 45 minutes. Ensuite, chaque scourtin est nettoyé.

f. Décantation : L'huile, ayant une densité inférieure à celle de l'eau, donc elle remonte à la surface, il s'agit de la décantation naturelle. Cependant cette méthode n'est presque plus utilisée, en raison de sa lenteur et de la difficulté pour bien séparer l'huile de l'eau dans la zone de limite entre les deux fluides. Ce sont des centrifugeuses verticales à assiettes qui permettent aujourd'hui de séparer l'huile d'olive des margines.

I.5. Bienfaits de l'huile d'olive

Généralités sur les plantes étudiées

C'est un anti-âge à ne pas négliger. La vitamine E et les oméga 9 qu'elle contient facilitent le renouvellement des tissus. Ainsi, l'huile d'olive lutte contre le vieillissement de la peau. Pour retarder l'apparition des rides (**Muya, 2018**).

Les effets bénéfiques de l'huile d'olives vierge ont été attribués à sa teneur élevée en acides gras moins saturés, particulièrement l'acide oléique, et ses composés mineurs tels que les composés phénoliques, les tocophérols et les caroténoïdes (**Visioli et Galli, 1998**). Cette huile permet de réduire le risque cardiovasculaire (**Carralafuente, 2003**). L'huile d'olive est un puissant régénérateur pour le foie et préserve certains cancers (**O.N.H, 2012**).

II. Figuier et figue

II.1. Figuier

II.1.1. Historique

Les figuiers, tout comme l'olivier et la vigne, sont des arbres méditerranéens par excellence (**Amoureti et Gomet, 1985**).

Le figuier était connu dans le moyen Orient dès le III millénaire chez les ancêtres des Sumériens qui le cultivaient à Babylone. De même il y a plus de 5000 ans, les Égyptiens faisaient à partir de la figue des boissons pour les grandes cérémonies et des produits pharmaceutiques (**El bouzidi, 2010**). Les anciens Égyptiens appelaient la figue Teb (**Chabas, 1873**). Et les plus anciens livres des Hébreux parlent du Figuier, soit sauvage, soit cultivé, sous le nom de Teenah qui a laissé sa trace dans l'arabe Tin (**Forskal, 1882**).

II.1.2. Origine botanique

Ficus carica appartient à la famille des Moracées ordre des Urticales et au genre des *Ficus* qui comprend plus que 700 espèces, la plupart tropicales ; seule l'espèce *Ficus carica* L. habite les régions tempérées (**Teysedre, 1999**) selon la classification de (**Linée, 1753**):

Règne: *Plantae*.

Généralités sur les plantes étudiées

Sous-règne : Tracheobionta.

Division :

Magnoliophyta. Classe :

Magnoliopsida. Sous-classe

: Hamamelidae. Famille :

Moraceae.

Genre : Ficus.

Espèce : Ficus carica Linné.

II.1.3. Description de la plante

C'est un arbre décoratif et à cime très étalée. Son écorce est lisse et peu fissurée, de couleur gris pâle. Ses rameaux contiennent du latex. Son feuillage caduc comprend de grandes feuilles, larges de 25 cm, épaisses, coriaces, à 3 à 5 lobes profonds, à bord lisse, veloutées en dessous et rugueuses sur le dessus. Il s'agit d'une espèce monoïque, avec de nombreux fleurs insérées dans un réceptacle charnu. Ses fruits, de couleur vert jaunâtre (figues blanches) ou mauve foncé (figues violettes) (Caron, 2003).



Figure 05 : L'arbre du figuier



Figure 06 : Les feuilles du figuier

Généralités sur les plantes étudiées

II.1.4. Production

II.1.4.1. Production mondiale

Environ un million de tonnes de figes sont produites dans le monde chaque année, soit en totale 974414 tonnes en 2015 (F.A.O. STAT, 2015). La Turquie est en première position près du quart de la production mondiale, suivi par l’Egypte, l’Algérie et le Maroc (Tableau 5) (F.A.O. STAT, 2015).

Tableau n°6: Production des figes en tonne des principaux pays dans le monde (F.A.O. STAT, 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

II.1.4.2. Production nationale

Selon la F.A.O de l’année 2005, en Afrique du nord et plus précisément au Maghreb, l’Algérie présente la plus importante superficie en figuier 46 592 ha. La production nationale est en augmentation continue avec une production de 60000 tonnes en 2003, de 63000 tonnes en 2004 et elle est estimée à 63883 tonnes en 2006 (F.A.O, 2007).

Généralités sur les plantes étudiées

II.1.5. Variétés

Les variétés des figes cultivées en Algérie sont très nombreuses (Tableau 6), selon **I.T.A.F Bejaia (2003)**

Tableau n°7: Les principales variétés de figuier en Algérie (**I.T.A.F Bejaia, 2003**)

Variété de séchage	Caractéristiques des fruits
-ALEKAK -AZENDJAR -SMYRNE -TAMERIOUT -TARANIMT	<ul style="list-style-type: none"> • Peau souple après séchage • Fruits riches en sucre • Maturité hâtive • Ostiole petit ou fermé
Variétés de consommation en frais	
-ABERKI -ABIAROUS -ABGAI TI OU BOUANKIK -ALEKAK AVOUHVOUL -AZEGZAOU -AZOUGAGH -BAKOR BLANC, NOIR, TALA, AMARA –CHETOUI	<ul style="list-style-type: none"> • Fruit a peau assez épaisse, résistants aux manipulation et aux transports. • Gros fruits à calibre régulier. Maturité échelonnée
Variétés de confiserie	
-AMELAL -ARANIM -DOTTATO -TADEFUUIT	<ul style="list-style-type: none"> • Fruits a calibre moyen a petit. • Faible richesse en graine. • Maturité échelonnée

II.1.5. Répartition géographique :

La méditerranée est considérée le plus important centre de figuier cultivé depuis des temps immémoriaux (**Vidaud, 1997**). Il est naturalisé dans plusieurs régions et surtout celles du pourtour du bassin méditerranéen (Figure 07) dont il fournit l'essentiel de la production mondiale. D'après **Vidaud (1997)**, une forte production en figes d'automne mène à un avortement plus élevé de la récolte de figes fleurs de l'année suivante.

Généralités sur les plantes étudiées

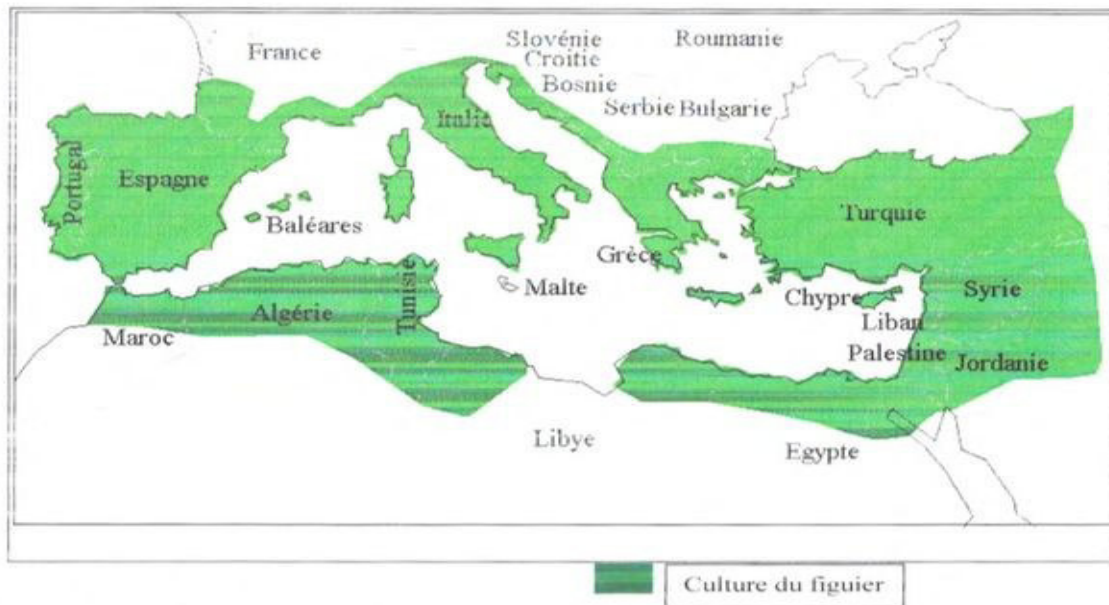


Figure 07: Zone de développement spontané du figuier sur le pourtour méditerranéen
(Vidaud, 1997)

II.2. La figue :

II.2.1. Définition :

La figue est le fruit du figuier commun (*Ficus carica L.*). Anciennement, très connu dans le monde (Oukabli, 2003). 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 (Khadariet al., 1994).

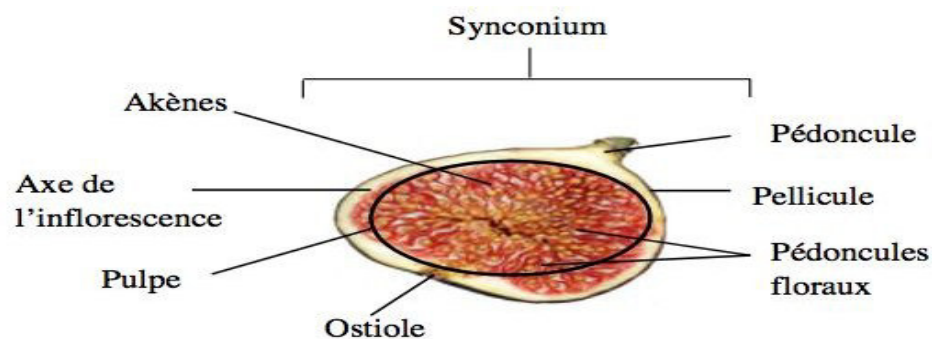


Figure 08 : Caractéristiques morphologiques de la figue (Haesslein et Oreiller, 2008)

Généralités sur les plantes étudiées

II.2.2. Composition chimique de la figue :

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 (**Infanger, 2004**). Elle apporte un large panel de minéraux - potassium, calcium, magnésium, etc. et de vitamines (vitamines du groupe B, vitamine C...) utiles à votre bien-être (**Bolin et al., 1980**). La figue est composée majoritairement d'eau, de glucides, de sucre et de fibres, et minoritairement de lipides, d'acide gras et d'acides organiques. Selon le tableau 7, la figue contient la même quantité de lignanes que de polyphénols totaux. (**Aprifel, 2013**).

Tableau n°8 : Quantité de lignanes et polyphénols totaux dans 100g net de figues. (**Aprifel, 2013**)

Composants	Quantité.
Lignanes	0.37 mg
Polyphénols totaux	0.37 mg

Tableau n° 9 : Composition de la figue sèche (**Bolin et al., 1980**)

Constituants	Teneurs
Protéines (g/100 g)	3,00
Hydrates de carbone (g/100 g)	58,20
Matière grasse (g/100 g)	1,90
Energie (cal)	253
Vitamine C (mg/100 g)	3,6
Vitamine B1 (mg/100 g)	0,079
Vitamine B2 (mg/100 g)	0,083
Vitamine A (IU)	142
Calcium (mg/100 g)	174
Phosphore (mg/100 g)	70
Magnésium (mg/100 g)	60
Potassium (mg/100 g)	682

II.2.3. Technologie de séchage des figues

Le séchage est une opération de transfert couplé de chaleur et de masse pour laquelle il est nécessaire de fournir de l'énergie (**Mounir *et al.*, 2014**). Les techniques actuelles de séchage utilisent des séchoirs solaires avec une enceinte de séchage fermée permettant d'optimiser l'énergie, de maîtriser les paramètres de séchage et d'assurer au produit les normes d'innocuité et de qualité requises.

a) Séchage solaire

- **Le prétraitement :**

Le blanchiment préliminaire a pour but de nettoyer la peau en éliminant le duvet qui souvent la recouvre, et les traces de latex qui rendent le fruit collant. Il rend aussi la peau plus perméable, ce qui facilite le séchage. Il est obtenu par arrosage pendant 20 à 30 secondes avec de l'eau sodée (1 % de soude) chauffée à 80°C sur tapis grillagé en inox. Cet arrosage est suivi d'un rinçage par aspersion d'eau chaude légèrement acidulée avec de l'acide citrique pour éliminer toute trace de soude.

Le blanchiment peut se faire aussi par trempage des figues dans de l'eau bouillante ou une solution bouillante de chlorure de sodium (sel) à raison de 40 g de Na Cl / L et de méta bisulfite de potassium de concentration 5g /L. Les figues placées dans un panier seront plongées 8 à 10 fois successivement pendant 50 à 60secondes.

Les produits secs obtenus peuvent être jaunes-dorés simplement ou imprégnés d'amidon ce qui permet d'améliorer leur goût, d'éviter le collage et de les protéger contre les moisissures.

- **Le séchage proprement dit**

Le séchage constitue un des moyens de conservation efficace en mesure de:

- Prolonger la durée du stockage.
- Réduire l'humidité des produits ce qui permet un long stockage sans pertes en qualité et en quantité.
- Valoriser des produits alimentaires en produits séchés stables qui peuvent trouver des débouchés dans le marché national et international.

Le séchage solaire des figues est le plus pratiqué. Dans le séchage traditionnel, les

Généralités sur les plantes étudiées

figues sont étalées sous le soleil, à même le sol, sur une natte ou sur une bâche exposant les produits à la poussière, aux mouches et aux souillures et contaminations nombreuses et variées. En outre cette méthode qui ne coûte pratiquement rien ne permet aucun contrôle sur les paramètres de séchage et allonge la période de séchage. En conséquence la qualité du produit est très mauvaise sur les plans hygiénique et nutritif.

b) Séchage au séchoir

Le séchoir hybride utilise principalement l'énergie solaire indirecte et une source, d'appoint utilisant le gaz ou le diesel, mise en service la nuit et en temps nuageux. L'énergie solaire est cueillie par des collecteurs installés sur le toit et acheminée vers et répartie dans les compartiments de l'enceinte du séchoir par des tubes souples en polyéthylène.

Un système de ventilation alimenté par des cellules solaires permet de propulser l'air chaud dans les différentes parties du séchoir. La source d'énergie d'appoint est constituée par un moteur muni d'un brûleur marchant au gaz ou au diesel et qui se déclenche automatiquement dès que la température descend au-delà du minimum requis pour éviter la réhydratation des produits.

II.2.4. Les bienfaits de la figue

Violette, verte ou noire, la figue est le fruit d'été par excellence. Tout à la fois fraîche, juteuse, moelleuse et délicatement sucrée, elle regorge aussi d'une étonnante variété de bienfaits. La figue est riche en fibres alimentaires qui favorisent durablement la satiété. Elle renferme 30 % de fibres solubles et 70 % de fibres insolubles. Les fibres solubles contribuent à normaliser les taux sanguins de cholestérol, de glucose et d'insuline. De récentes études ont d'ailleurs montré que la figue, dans le cadre d'un régime sain, permettait de faire fondre les graisses et ainsi de perdre du poids efficacement. Ces fibres ont aussi un rôle protecteur contre les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2. Les fibres insolubles fixent l'eau et vont de ce fait, favoriser le transit intestinal et ainsi lutter contre la constipation. Et c'est un excellent moyen de prévenir le cancer du côlon. Autre atout, sa richesse en antioxydants, notamment des composés phénoliques, qui en fait un aliment protecteur contre l'apparition de cancers. À noter que les figues les plus foncées sont celles qui renferment le plus d'antioxydants (**Guillaumin, 2017**).

Généralités sur les plantes étudiées



Généralités sur les plantes étudiées



Généralités sur les plantes étudiées



I. Stress oxydatif

I.1. Définition

Le stress oxydatif est une circonstance anormale que traversent parfois nos cellules ou un de nos tissus lorsqu'ils sont soumis à un déséquilibre entre la production des radicaux libres ou pro-oxydants et les systèmes de défenses antioxydantes qui produit des dégâts tissulaires à travers les modifications oxydatives des biomolécules cellulaires (**Gammoudiet al., 2013**).

I.2. Radicaux libres

I.2.1. Définition

Un radical libre est une espèce chimique (atome ou molécule) contenant un électron non apparié. Ce déséquilibre n'est que transitoire et est comblé par l'acceptation d'un autre électron ou par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule (**Afonso et al., 2007**).

L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé : espèces réactives de l'oxygène (**Favier, 2003**).

I.2.2. Origine des radicaux libre

L'origine des radicaux libres est toujours intracellulaire, y compris lorsqu'ils proviennent du catabolisme des xénobiotiques par le cytochrome P450, les rayonnements... Leur production résulte d'un processus physiologique commun à toutes les cellules aérobies au sein desquelles une partie des molécules d'oxygène (jusqu'à 5 %) peut subir une réduction monovalente et séquentielle (**Rabaud, (1997**

Les radicaux libres de source exogène sont formés dans l'air que nous respirons. Sont également impliqués : l'ozone atmosphérique, les polluants de toutes sortes y compris les fumées et gaz d'échappement des voitures (SO₂, NO₂, CO), la fumée de cigarette, les métaux lourds, l'alcool, les aliments frits, les barbecues, les produits fumés, les anesthésiques, les vaccins, certains médicaments allopathiques, les solvants, les formaldéhydes, les herbicides, les pesticides, les crèmes et produits rances, les maladies infectieuses et inflammatoires aiguës, les traitements chimiques (chimiothérapies), les radiations ionisantes, les radiations nucléaires, les radiations cosmiques lors des vols aériens et les déchets radioactifs, (**Daudier, 1994**). Les rayonnements UV sont capables de générer des radicaux

Activité Antioxydante

libres (**Borg, 2004**). L'exercice physique augmente la production de radicaux libres en rapport avec l'élévation de la consommation d'oxygène (**Jenkins, 1988**), (**Sen, 1995**).

On peut distinguer :

- **Les radicaux libres primaires** : Ils dérivent directement de l'O₂ par une réaction de réduction
- **Les radicaux libres secondaires** : ils sont formés par la réaction des radicaux libres primaires sur des composés biochimiques cellulaires (**Favier, 2003**), (**Gardès, 2003**).

I.2.3. Rôle des radicaux libres

Les radicaux libres sont capables d'entraîner des modifications chimiques qui altèrent les structures lipidiques, protéiques, glucidiques, ainsi que les nucléotides. Ces modifications chimiques sont considérées dans la littérature comme des index du stress oxydant dans les systèmes bio- logiques (**Pacifici et Davis, 1990**). Ces radicaux causent des dégradations majeures dans les macromolécules et l'acide nucléique (**Bubonjaet al., 2011**). La toxicité des radicaux libres responsables de dégâts cellulaires importants via le déclenchement de cassures et de mutations au sein de l'ADN, l'inactivation de diverses enzymes, la modification des structures protéiques, l'oxydation des sucres et l'induction de peroxydation lipidique (**Haleng et Pincemail, 2007**).

Les radicaux libres sont considérés comme une partie inévitable de la vie. Et, bien que communément perçus comme étant des déchets toxiques rejetés lors des réactions cellulaires, notre corps a en fait besoin de radicaux libres en faibles quantités pour réaliser certaines fonctions importantes. Ces radicaux libres jouent un rôle essentiel dans la réponse immunitaire des cellules aux attaques virales. Les chercheurs ont découvert qu'elles contiennent une enzyme nommée NOX₂ qui arrache littéralement l'oxygène de l'air ambiant et le transforme en radicaux libres hautement réactifs. Mais au lieu de devenir destructeurs, ces radicaux libres réagissent avec d'autres molécules pour stimuler la production de molécules MAVS, protéines clés qui déclenchent une série de réactions chimiques qui activent les défenses antivirales de l'organisme (**J.I., Sciences et avenir.fr 2010**).

Une étude de 2011 publiée dans The Journal of Physiology a démontré que les radicaux libres servent comme molécules de signalisation qui, dans les situations stressantes, font battre le cœur avec la force nécessaire (**Andersson et Fauconnier, 2011**). Dans une autre étude de 2011 publiée dans Nature Médecine, les chercheurs ont découvert que la suralimentation a pour conséquence l'augmentation de la production de radicaux libres dans l'hypothalamus,

Activité Antioxydante

une partie du cerveau chargée de la production de plusieurs des hormones essentielles du corps. Ces radicaux libres agissent comme molécules de signalisation et activent certains neurones qui réduisent l'appétit et favorisent la satiété signalant essentiellement au cerveau qu'il doit réguler l'apport alimentaire (**Dianoet *al.*, 2011**). Une autre étude révélatrice menée par des biologistes de l'Université de la Californie a indiqué que les radicaux libres pourraient jouer un rôle important dans la guérison des plaies cutanées (**Donald, 2011**).

I.3. Conséquences du stress oxydatif

Les conséquences biologiques du stress oxydatif seront extrêmement variables selon la dose et le type cellulaire. De légers stress augmenteront la prolifération cellulaire et l'expression de protéines d'adhésion ; des stress moyens faciliteront l'apoptose, alors que de forts stress provoqueront une nécrose et des stress violents désorganiseront la membrane cellulaire, entraînant des lyses immédiates (**Favier, 2003**).

De nombreuses pathologies, impliquant le stress oxydant dans leur développement, ont été recensées. Outre les maladies cardio-vasculaires (oxydation des lipides) et le cancer (oxydation de l'ADN), c'est certainement dans le cadre du diabète (obésité, syndrome métabolique) que des avancées spectaculaires ont été réalisées au cours des dernières années (**Defraigne, 2005 ; Vincent et Taylor., 2006**).

II. Antioxydants et activité antioxydante

II.1. Antioxydants

II.1.1. Définition

Les antioxydants sont définis par HALLIWELL comme « toute substance qui en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat » (**Pastre et Priymenko, 2007**).

Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et permettent de maintenir au niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques d'ERO (**Favier, 2003**). Les antioxydants peuvent être des enzymes ou de simples molécules.

II.1.2. Sources d'antioxydants

Activité Antioxydante

On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes riches en vitamines C, E, caroténoïdes, ubiquinone, flavonoïdes, glutathion ou acide lipoïque ; l'autre est endogène et se compose d'enzymes (superoxydodismutase, glutathion peroxydase, catalase), de protéines (ferritine, transferrine, céruléoplasmine, albumine) et de systèmes de réparation des dommages oxydatifs comme les endonucléases. A cela s'ajoutent quelques oligoéléments comme le sélénium, le cuivre et le zinc qui sont des cofacteurs d'enzymes antioxydantes(Steffes*et al.*,2007).

II.1.3.Principaux modes d'action des antioxydants

a) Systèmes de défense enzymatiques : Les enzymes existent à l'état endogène et permettent de protéger les cellules contre les radicaux libres produits de manière physiologique au cours du métabolisme cellulaire normal (**Menon et Goswami, 2007**).

b) Systèmes de défense non enzymatiques : Ces antioxydants se divisent en deux principales catégories, les endogènes (molécules issues de la biosynthèse), et les exogènes (vitamines, oligo-éléments, ou antioxydants de synthèse) (**Halliwell, 1995**).

Les principaux antioxydants non-enzymatiques sont le glutathion, la vitamine E, la vitamine C, les caroténoïdes et l'acide urique. Ces molécules vont interrompre la chaîne de réaction radicalaire (**Cadenas, 1989**). Parmi les antioxydants, on trouve que les polyphénols constituent l'une des principales classes de métabolismes secondaires qui se localisent généralement au niveau des différentes parties de la plante ; ils sont communément subdivisés en Tanins, lignines, flavonoïdes et anthocyanes qui dérivent tous de l'assemblage d'unités phénolique (**Li-weber, 2009**).

II.2.Activité antioxydante

II.2.1.Mécanismes d'action des antioxydants

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la chélation des métaux de transition (**Favier, 2006**).

La survie des organismes dans un milieu contenant de l'oxygène dépend donc d'interactions complexes entre la production des radicaux libres par les réactions d'oxydation (Figure 11) et des systèmes destinés à éviter leur action toxique.

Activité Antioxydante

Les principaux mécanismes impliqués dans la prévention de l'activité des antioxydants sont:

- De transformer les ROS en espèces moins toxiques.
- D'empêcher l'interaction entre espèces chimiques.
- De prévenir ou réparer les lésions induites par les ERO.

Ces systèmes peuvent être soit enzymatiques, soit moléculaires. Ils peuvent être d'origine endogène (le glutathion) ou exogène (vitamine E) et peuvent être des composés naturels (Les flavonoïdes³⁹) ou synthétiques comme le butylhydroxyanisole (BHA) (E 320) et le butylhydroxytoluène (BHT) (E 321) qui sont les antioxydants synthétiques les plus utilisés dans l'industrie agroalimentaire.

II.2.2. Antioxydants phénoliques

II.2.2.1. Composés polyphénols

Le terme polyphénols ou composés phénoliques a été introduit en 1980 (**Béta et al., 2005**). Les polyphénols sont des substances chimiques ayant au moins un cycle aromatique portant une ou plusieurs fonctions OH (**Haslam, 1996**). Les polyphénols sont des métabolites secondaires végétaux, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la production (**Nkhili, 2009**).

Les composés phénoliques naturels les plus connus sont les flavonoïdes (catéchines, flavonols, antocyanidols, isoflavone), les caroténoïdes (carotène) et les tannins. Le thé, par exemple, est une source importante de composés phénoliques (**PENNA, 2009**). Ils présentent une activité antioxydante importante (**Chen et Yang, 2003**).

II.2.2.2. Classification et structure chimique

Plus de 8000 structures ont été identifiées (**Urquiaga et Leighton, 2000**). La classification des polyphénols est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux. On peut distinguer deux catégories : les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes (**Bruneton, 2008**). Parmi lesquels, on distingue des flavonoïdes et plusieurs classes de non flavonoïdes (**Cheyrier, 2005**).

Activité Antioxydante

- **Les composés flavonoïdes** : Les flavonoïdes ont été désignés sous le nom de vitamine P, en raison de leur efficacité à normaliser la perméabilité des vaisseaux sanguins, cette dénomination fut abandonnée lorsqu'on se rendit compte que ces substances ne correspondaient pas à la définition officielle des vitamines, il devient clair que ces substances appartiennent aux flavonoïdes (**Nijveldtet *al.*, 2001**), tels que Flavones, flavanones, flavonols, isoflavonones, anthocyanines, proanthocyanidines et flavanols dont les plus importants représentants sont les catéchines du thé vert, du vin rouge et du chocolat (**Pincemaiet *al.*, 2007**).
- **Les composés non flavonoïdes** : sont des molécules simples, comme les acides phénoliques (qui sont subdivisés en acides benzoïques et acides hydroxynnamiques, basés respectivement sur les squelettes C6-C1 et C6-C3) (**Cheyrier, 2005**).

II.2.2.3. Activité antioxydante des polyphénols

L'activité antioxydante des polyphénols est reconnue et pourrait expliquer leur rôle potentiel dans la prévention de plusieurs maladies associées au stress oxydatif (**Blumberg, 2002**).

L'activation des enzymes antioxydantes par les polyphénols est l'un des systèmes antioxydants importants pour la défense contre certaines maladies comme l'ulcère (**Deviet *al.*, 2007**). Les composés phénoliques : en effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structure (**Penna, 2009**).

Les propriétés antioxydantes des polyphénols, varient en fonction de leurs structures chimiques. Les positions et degrés d'hydroxylation jouent une part importante dans l'activité antioxydante des polyphénols. Les polyphénols porteurs un groupement catéchol (un noyau aromatique porteur de deux fonctions hydroxyle adjacentes) ont un potentiel antioxydant plus élevé (**Nkhili, 2009**). Les polyphénols ont de nombreux rôles antioxydants ; ils inhibent la peroxydation lipidique et détruisent certaines espèces réactives telles qu'OH• et NO₂•. Certains peuvent réagir avec l'ion superoxyde (**Halliwell et Gutteridge, 2007**).

II.2.2.4. Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques

Les polyphénols désactivent les radicaux libres via trois mécanismes :

Activité Antioxydante

a) Transfert d'atome d'hydrogène (HAT, hydrogen atom transfer) :

L'antioxydant phénolique agit avec le radical libre par transfert d'un atome d'hydrogène via la rupture homolytique de la liaison O-H.



Les produits de cette réaction sont la forme réduite (RH) du radical néfaste, et le radical $\text{ArO}\cdot$ (forme oxydée de l'antioxydant). Bien que cette réaction donne naissance à un autre radical libre, celui-ci est moins réactif.

b) Transfert mono-électronique d'électron (SET, single electron transfer) :

Dans ce mécanisme, un électron est transféré au radical libre $\text{R}\cdot$. L'anion R^- et le cation radical $\text{ArOH}^{+\cdot}$ ainsi formés sont généralement des entités stables.



Le potentiel d'ionisation est le facteur déterminant du pouvoir piègeur d'électrons. Un potentiel bas implique un arrachement facile d'électron et en conséquence une réaction avec le radical libre.

c) Chélation des métaux de transition :

C'est un mécanisme indirect. Il consiste à la chélation des métaux de transition tels que le fer ou le cuivre. Cette chélation sert à empêcher la réaction de Fenton dans les milieux biologiques (Leopoldini et *al.*, 2011).

Nous allons présenter dans ce chapitre un enchaînement d'étapes réalisé au laboratoire de Technologie alimentaire de département de génie de procédé de faculté science de l'ingénieur université M'hamed BOUGARA Boumerdes, qui nous conduira aux résultats de notre recherche et donc nous permet de répondre à notre problème scientifique.

I. Matériel

I.1. Matériel végétal (biologiques)

- ❖ **Les figues** : les figues noires qu'on a utilisées sont récoltées pendant le mois de septembre de l'année 2017 au niveau de la wilaya de Bejaïa. Le séchage de ses figues est effectué traditionnellement au soleil.
- ❖ **L'huile d'olive** : les olives sont récoltées durant la campagne agricole février 2018, de la région de Beni Amran la wilaya de Boumerde de l'huile d'olive traditionnelles, quand ils sont complètement mûrs. Nous divisons la quantité en deux, une produite du moulin moderne et la deuxième et produite à la maison selon les étapes suivantes :
 - Effeillage
 - Lavage
 - Broyage
 - Malaxage
 - Séparation des phases
 - Décantation.

Deux variétés d'huile d'olive utilisées dans notre étude selon le mode d'extraction :

H1 : Huile d'olive industrielle.

H2 : Huile d'olive traditionnelle.

La macération des figues sèches dans l'huile d'olive a été réalisée dans des flacons de verres bien propres par l'imprégnation de 50g de figues sèches découpées (pour augmenter l'absorption de l'huile d'olive) dans 100 ml d'huile d'olive dans chaque flacon.

On a préparé deux flacons témoins (huile d'olive sans figues noires sèches) qui sont H1 (industrielle) et H2 (artisanale), plus 4 flacons du mélange figues sèches-huile d'olive qui sont :

H3 : Macération des figues avec l'huile industrielle pendant 30 jours.

H4 : Macération des figues avec l'huile artisanale pendant 30 jours.

H5 : Macération de figues avec l'huile industrielle pendant 45 jours.

Matériel et Méthodes

H6 : Macération de figes avec l'huile artisanale H2 pendant 45 jours.

Les flacons sont bien fermés et recouvertes du papier aluminium et conserver à une température ambiante dans l'obscurité. Ensuite on a éliminé les figes après les 30 et les 45 jours et on a préservé que les huiles à 4C°.

I.2. Matériels non biologiques

Tableau n°10 : liste de matériels non biologiques

Verreries	Produits chimiques	Appareils
Béchers	Ethanol	Centrifugeuse
Erlenmeyer	Méthanol	Etuve
Fioles	Hexane	Rota vapeur
Eprouvette	Cyclohexane	Spectrophotomètre
Réfrigérant	Acétone	Refractomètre
Ballons	Acide acétique	Ph mètre
Creusets	Chloroforme	Viscosimètre
Tubes à essais	Tétrachlorure de carbone	Chouffe ballon
Mortier	Ether di éthylique	Agitateur magnétique
Entonnoir	Acide chlorhydrique	Vortex
Pipettes graduées	Carbonate de sodium	Balance analytique
Micropipettes	Thiosulfate de sodium ;	Réfrigérateur
Burette	Iodure de potassium ;	
Ampoule a décanté	Iode	
Eppendorf	Kbr	
	Amidon	
	Phénolphtaléine	
	Folincioalciu	
	Dpph	
	Koh	
	Acide galique	
	Ferricyanure de potassium	
	Fer ferrique	

II. Méthodes

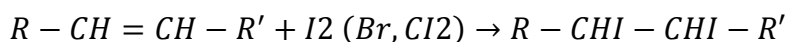
II.1. Caractéristiques organoleptiques

On a effectué des dégustations pour les deux échantillons d'huile d'olive afin de faire une comparaison des propriétés organoleptiques entre les deux variétés de l'huile.

II.2. Analyses physico-chimiques

II.2.1. Indice d'iode (CODEX STAN 33-1981., 2015)

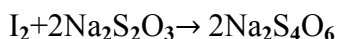
- **Définition** : L'indice d'iode est le nombre de grammes d'I₂ fixés par 100 g de corps gras.
- **Principe** : Les liaisons éthyléniques de ces acides gras fixent des halogènes d'après la réaction suivante :



Cette réaction peut être utilisée pour évaluer quantitativement le degré d'insaturation globale des chaînes grasses.

Cette réaction est lente et incomplète, pour obtenir une addition quantitative, il est indispensable d'utiliser un excès important de réactif, pendant un temps de contact suffisamment long, ou d'opérer en présence d'un catalyseur.

L'excès de réactif sera titré par un catalyseur :



L'évaluation de la température ne facilite pas la réaction, elle entraîne la dissociation du composé d'addition formé.

- **Mode opératoire** : Introduire la prise d'essai exactement pesée dans un flacon de 200 à 300 ml bouchant à l'émeri, préalablement lavé et séché, et la dissoudre dans 15 ml de tétrachlorure de carbone, puis ajouter 25 ml, exactement mesuré, du réactif de Wijs.

Boucher, agiter légèrement et placer le flacon à l'abri de la lumière, pendant une heure. Au bout de ce temps, ajouter 20 ml de la solution d'iodure de potassium à 10%, et environ 150 ml d'eau. Agiter et titrer l'iode libéré avec le thiosulfate de sodium 0.1 N en présence d'empois d'amidon comme indicateur ; à la fin du titrage, il faut agiter vivement.

Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions que l'essai et sans échantillon.

II.2.2. Mesure de potentiel hydrogène

- **Principe :** le pH donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité du milieu, il est déterminé à partir de la quantité des ions d'hydrogène libre (H) contenue dans l'huile d'olive.
- **Mode opératoire :** on prend une quantité d'huile d'olive à analyser dans un erlenmeyer, on plonge la sonde du pH mètre et on lit le PH.

II.2.3. Acidité libre (CODEX STAN 33-1981., 2015)

- **Principe :**

Les corps gras s'hydrolysent naturellement au cours de stockage en donnant comme résultat des acides gras libres et du glycérol (ce dernier est rapidement détruit).

La mesure de la quantité d'acides gras libre d'un corps est un des meilleurs moyens de déterminer son altération par hydrolyse.

L'indice d'acide (IA) est le nombre de milligrammes de KOH nécessaire pour neutraliser les acides gras libres dans 1 g de corps gras.

- **Mode opératoire :**

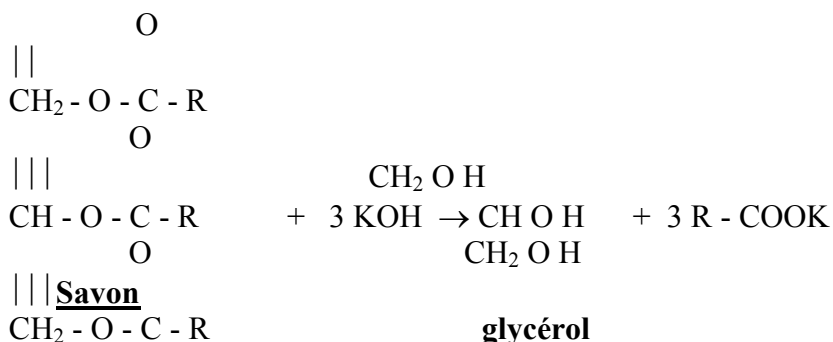
1 - Peser 1 g d'huile dans une fiole conique de 100 ml, soit P ce poids.

2 - Verser dans la fiole 15 ml d'alcool éthylique plus quelques gouttes de phénolphtaléine, dissoudre l'huile en agitant énergiquement.

3 - Titrer par une solution de NaOH à 0,1 N jusqu'à coloration rose persistante une dizaine de secondes, soit v le volume de NaOH utilisé

II.2.4. Indice de saponification (CODEX STAN 33-1981., 2015)

- **Définition :** L'indice de saponification s'exprime par le nombre de mg de KOH nécessaire pour neutraliser les acides gras libres et saponifier les acides gras combinés dans 1 g de lipides.
- **Principe :** Dans l'application à l'étude d'un triglycéride homogène, l'équation de la saponification s'écrit :



- **Remarque :**

Ce dosage en retour nécessite la réalisation d'un témoin (même conditions sans lipides).

- **Mode opératoire :**

a) Essai :

- On pèse 1,5 g à 2 g d'huile ou graisse dans une fiole avec un réfrigérant à air (tuyau en verre).
- Introduire dans cette fiole 25 ml de KOH à 0,5 N. (alcoolique).
- Chauffe le mélange dans un bain-marie bouillant pendant 45 mn (agiter de temps en temps).

Titrer le mélange avec HCl à 0,5 N + quelques gouttes de phénolphtaléine jusqu'à la coloration stable pendant 30 s. Soit v_0 la chute de burette.

b) Témoin :

Dans les mêmes conditions que l'essai, on prend 25 ml de KOH à 0,5 N + phénolphtaléine qu'on titre avec HCl à 0,5 N. Soit v la chute de burette.

II.2.5. Indice de peroxyde (CODEX STAN 33-1981., 2015)

- **Définition :** Les peroxydes sont les premiers produits formés par oxydation de la matière grasse. Ils résultent de la fixation de l'oxygène de l'atmosphère sur les doubles liaisons des acides gras insaturés. Vu leur structure instable, ces peroxydes évoluent par la suite vers d'autres structures plus stables (aldéhydes, hydrocarbures ...) qui altèrent la qualité de l'huile (odeur de rance).
- **Mode opératoire :** On pèse environ 1 g d'huile dans un erlenmeyer de 250ml auquel on ajoute 10ml de chloroforme et 15ml d'acide acétique et immédiatement après 1 ml d'une solution aqueuse saturée d'iodure de potassium.

On agite pendant une minute et on met à l'obscurité pendant 5 min à une température comprise entre 15 et 25°C. On ajoute 75ml d'eau distillée en agitant rigoureusement et quelques gouttes d'empois d'amidon (Indicateur).

Le dosage se fait alors avec une solution de thiosulfate de sodium 0,01N.

Un essai à blanc sans le corps gras est effectué parallèlement au premier essai. La procédure expérimentale est identique à celle pour l'échantillon d'huile.

II.2.6. Teneur en eau (humidité)

La teneur en eau et en matières volatiles et la perte de masse subie par le produit après chauffage à $103\text{C}^{\circ}+1 -2\text{C}^{\circ}$ dans les conditions opératoires.

Elle est exprimée en pourcentage en masse et ne doit pas dépasser 0,2%.

II.2.7 Densité relative à 20°C (ISO 6883)

La densité relative d'une huile est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20°C à la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température. La densité relative est mesurée par une suite de pesées à l'aide d'un pycnomètre. Après nettoyage et séchage du pycnomètre, il a été pesé et rempli d'eau distillée récemment bouillie et refroidie puis plongé dans un bain d'eau jusqu'à ce que l'eau atteigne une température de 20 °C. Le pycnomètre a été retiré, essuyé extérieurement et pesé. La même procédure est suivie pour l'huile en remplissant le pycnomètre par le même volume d'huile puis placer dans le bain d'eau pour qu'elle atteigne le 20 °C. Ensuite le pycnomètre est essuyé et pesé.

II.2.8. Indice de réfraction (NF ISO 279 (T75-111), 1999)

- **Définition :** l'indice de réfraction d'une huile est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile maintenue à une température constante.
- **Mode opératoire :** l'utilisation d'un réfractomètre permet la lecture directe d'indice de réfraction, l'appareil est ajusté de manière à donner, à la température de 20C°, une valeur de 1.333 pour l'eau distillée.

II.2.9. Extinction spécifique (ISO 3656)

Tous les corps gras naturels contiennent de l'acide linoléique en quantité plus ou moins importante.

L'oxydation d'un corps gras conduit à la formation d'hydroperoxydes linoléiques qui absorbent la lumière ultraviolette au voisinage de 266 nm. Si l'oxydation se poursuit, il se forme des produits secondaires d'oxydation, en particulier des hydroperoxydes et des cétones insaturés qui absorbent la lumière vers 232 nm et 270 nm respectivement.

- **Mode opératoire :** Une prise de 0.1 g d'huile d'olive est dissoute dans 10 ml d'hexane.

La lecture des absorbances est effectuée dans une cuve de quartz par rapport à celle du solvant, sur un spectrophotomètre équipé d'une fibre optique de 1 cm d'épaisseur.

II.3 Teneur en pigments

II.3.1 Détermination de la teneur en pigments

Parmi les principaux pigments trouvés dans les huiles végétales on trouve les caroténoïdes et les chlorophylles. La teneur totale en pigments des huiles d'olive est un signe de qualité important et elle est en corrélation avec la couleur (**Gargouriet *al.*, 2013**).

II.3.1.1 Détermination de la teneur en chlorophylle :

On a utilisé la méthode décrite par 1992 pour déterminer la teneur en chlorophylle dans l'huile d'olive. Cette méthode est basée sur quantification par le spectrophotomètre. Les absorbances aux longueurs d'ondes 630, 670, et 710 nm des huiles filtrées, ont été mesurés par rapport à un solvant de référence (tétrachlorure de carbone) à l'aide d'un spectrophotomètre. La teneur en chlorophylle dans les huiles, exprimée en milligramme par kilogramme de matière grasse.

II.3.1.2. Détermination de la teneur en caroténoïdes

D'après **MosqueraMinguez *al.* (1991)**, l'absorbance des caroténoïdes (Carotène), de la lutéine et des xanthophylles montre que ces derniers absorbent dans le bleu et un peu dans le vert avec un maximum autour de 420, 440, et 460 nm. Ainsi, la détermination de la teneur en ces pigments dans l'huile d'olive sera basée sur une méthode spectrophotométrique. L'absorbance à 470 nm est relative à la fraction des caroténoïdes. Une prise de 7,5 g d'huile est introduite dans une fiole jaugée de 25 ml qui sera remplie,

jusqu'au très de repère par du cyclohexane. L'absorbance de la solution de matière grasse obtenue est mesurée par rapport à celle du solvant à 470 nm.

II.4 Extraction des composés phénoliques des figes sèches

Les polyphénols sont extraits selon la méthode de **Boiseau et charpentier 2006** modifiée par macération de 50 mg de poudre dans 2 ml de solvant organique (méthanol 80%), sous ultra-son pendant 45 minutes et à 4 °C pour empêcher l'action de polyphénolxydases qui dégraderaient les composés phénoliques. Après centrifugation, le surnageant contenant les polyphénols est récupéré. On procède à une deuxième extraction identique sur le culot pour extraire 30 % de polyphénols supplémentaires et donc d'obtenir un dosage plus exhaustif. Les surnageants sont réunis avant d'être concentrés à sec sous vide.

II.5. Dosage des polyphénols

Le principe de la réaction de dosage des composés phénoliques est basé sur leur capacité de réduire les acides phosphotungstique et phosphomolybdique, présent dans le réactif de Folin-Ciocalteu, en oxyde de tungstène et molybdène (couleur bleu) (**Vuorela, 2005**).

La détermination des polyphénols totaux dans nos extraits, est réalisée selon la méthode préconisée par **Favati et al., (1994)**. Dans des fioles de 10ml, sont mélangés 1ml d'extrait méthanolique, et 0.5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu.

Après 3 minutes de réaction, 4ml de solution de carbonate de sodium (10%) sont ajoutés, le volume est ajusté avec l'eau distillée. Après 90 minutes d'incubation à l'obscurité, le mélange est filtré et la lecture des absorbances est faite à 765nm, avec un tube témoin préparé dans les mêmes conditions.

Les concentrations en polyphénols totaux des échantillons analysés sont exprimées en mg d'équivalent d'acide gallique/kg d'huile, en se référant à la courbe d'étalonnage préparée avec l'acide gallique comme standard (voir annexes : courbe d'étalonnage).

II.5.1 Extraction des composés phénoliques totaux

L'extraction des composés phénoliques a été réalisée selon la méthode décrite par **Olivier et al. (2004)**, dans un tube à centrifuge, dissoudre 2 g d'huile dans 2 ml de méthanol /eau (80/20) agiter pendant 2 min au vortex, centrifugation pendant 15 min à 3800 rpm, la

phase méthanolique a été récupérée et transférée dans une fiole jaugée de 50 ml avec la solution méthanol /eau (80/20)

II.6 Activité scavenger sur le radical DPPH

La technique au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est largement employée pour évaluer l'activité antioxydante. Elle est rapide et facile à mettre en œuvre comparée à d'autres méthodes, elle s'effectue à température ambiante se qui permet de préserver les molécules testées de l'éventuelle dégradation thermique (**Keceli et Gordon, 2001**).

Le DPPH est un radical libre, stable et caractérisé par une couleur violette dont l'intensité est mesurée à 515 nm (**Brand-Williams et al., 1995**). La substance antioxydant agit en transférant un électron ou un atome d'hydrogène ce qui conduit à la réduction du DPPH au cours de la réaction et à un changement de coloration jaune pâle. Ce passage, de la première forme à la deuxième, est accompagné d'une diminution de l'absorbance qui peut exprimer le pourcentage de réduction de DPPH (**Molyneux, 2004 ; Villanoet al., 2007**).

Un volume de 0,1 ml d'extrait est mélangé avec un volume de 2,9 ml solution méthanolique de DPPH (6×10^{-5} M). La décoloration par rapport au témoin, contenant le DPPH et le solvant, est mesurée au spectrophotomètre à 515 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité (**Keceli et Gordon, 2001**).

I. Analyses organoleptiques

C'est l'analyse déclassante complémentaire aux analyses physico-chimiques, et qui ne concerne que le domaine des huiles vierges. Selon la norme du Conseil Oléicole International, la qualité des huiles d'olive est un ensemble de caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques permettant le classement des huiles en différentes catégories, **Conseil Oléicole International (2015)**. Les résultats sont obtenus après des tests de dégustations, selon le goût, la couleur, l'aspect et l'odeur, ils sont exprimés au tableau suivant :

Tableau 11 : Caractéristiques organoleptiques :

	H1	H2
Couleurs	Jaune claire	Jaune claire
Odeur	Acceptable	Bonne
Gout	Fruité-léger	Piquant
Aspect	Trouble	Limpide

II. Analyses physico-chimiques

II.1. Caractères chimiques

II.1.1. Indice d'iode

Cet indice mesure globalement le degré d'insaturation d'une matière grasse en déterminant le nombre de grammes d'iode se fixant sur les doubles liaisons présentes dans 100 g de lipides. Dans les huiles végétales, cette valeur atteint 150 (**LION, 1955**).

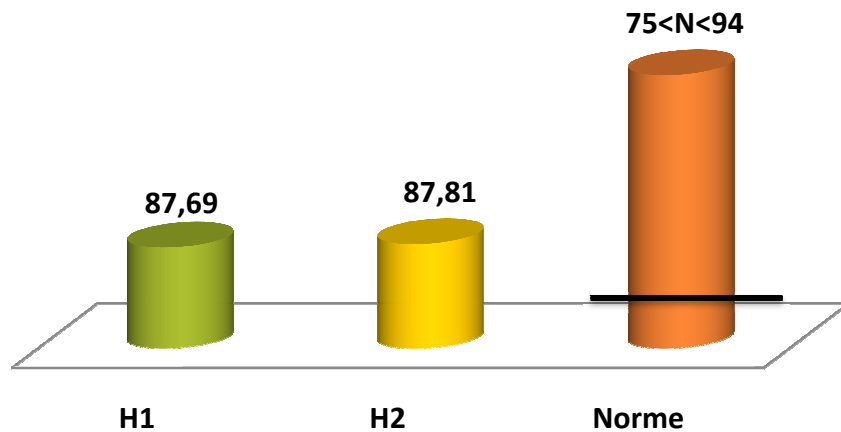


Figure 09 :Indice d'iode

H1 : L'huile d'olive industrielle.

H2 : L'huile d'olive artisanale.

Les résultats qu'on a obtenus de l'indice d'iode de l'huile d'olive vierge sont presque les mêmes pour les deux huiles (traditionnelle et moderne), elles sont conformes aux normes établie par le Conseil Oléicole International ce qui nous permet de les considérer comme étant des huiles de bonne qualité.

Ces valeurs d'indice d'iode sont un indice d'une bonne mesure de la stabilité des huiles à l'oxydation

II.1.2.Potentiel hydrogène

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure suivante :

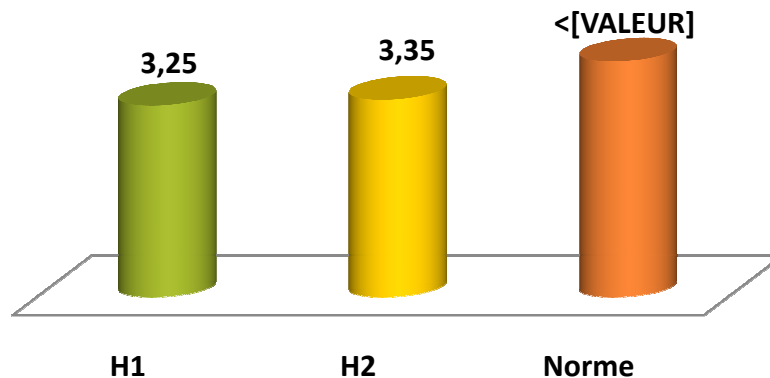


Figure 10 : Potentiel d'hydrogène.

Résultats et discussion

H1 : L'huile d'olive industrielle.

H2 : L'huile d'olive artisanale

Les résultats qu'on a obtenus montrent que les pH d'huile d'olive traditionnelle et industrielle sont presque les mêmes et qui correspondent les normes du **C.O.I (2015)**.(Voir l'annexe).

II.1.3. Acidité libre

L'acidité est un critère important d'appréciation de l'huile d'olive à la caractérisation alimentaire et constitue une caractéristique fondamentale de sa qualité commerciale (**COI, 1981**). Elle est exprimée en pourcentage (%) d'acide oléique et il est mesuré par la quantité de potasse nécessaire à la neutralisation des acides gras libres contenus dans un gramme de corps gras (**Bouhadjra, 2011**). Elle renseigne sur l'altération d'huile par l'hydrolyse de certains composés (**Bentekaya et al., 2005**). La détermination de l'acidité permet d'estimer la quantité d'acides gras libres dans un corps gras **I.S.O. 660 (1996)**.

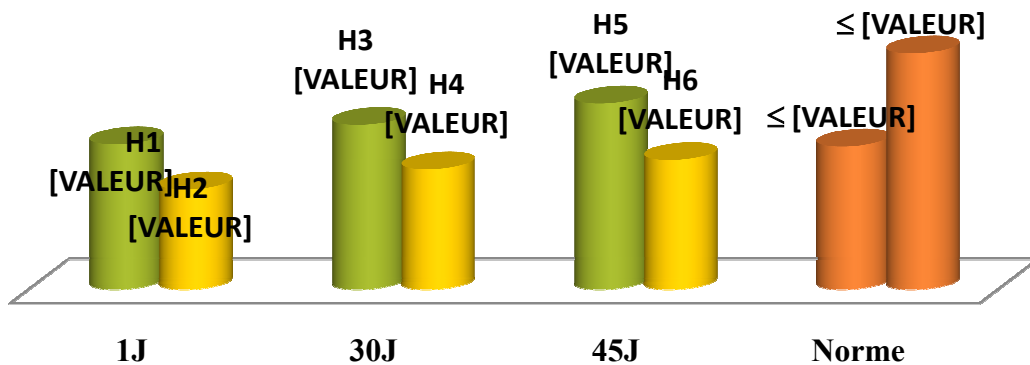
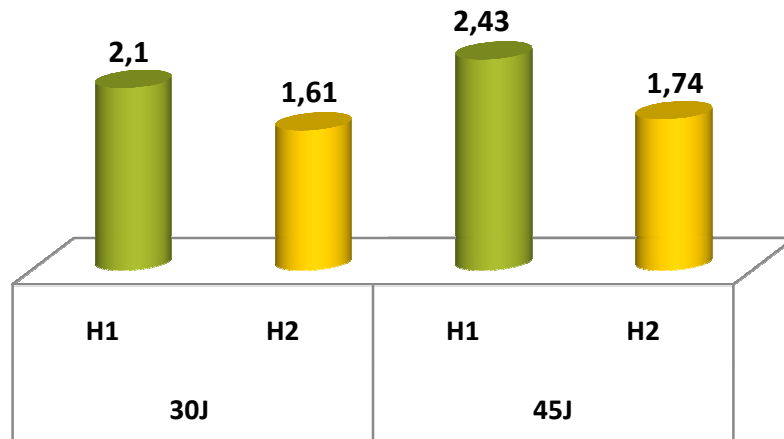


Figure 13: Pourcentage d'acidité libre

Résultats et discussion



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive artisanale.

H3 : Macération des figes avec l'huile industrielle pendant 30 jours.

H4 : Macération des figes avec l'huile artisanale pendant 30 jours.

H5 : Macération de figes avec l'huile industrielle pendant 45 jours.

H6 : Macération de figes avec l'huile artisanale H2 pendant 45 jours.

Les résultats indiqués dans la figure sont conformes aux normes du **C.O.I (2015)** et le codex alimentaire. Les échantillons H1, H3, H5 sont classés dans la catégorie des huiles d'olives vierges courantes car leur acidité libre ne dépasse pas la norme fixée (3,3%), (**Ollivier D. et al., 2007**), par ailleurs les échantillons H2, H4 et H6 sont classés dans la catégorie des huiles d'olive vierges qui possèdent une acidité $\leq 2,0$ % selon le **COI (2015)**.(Voir l'annexe).

Une faible augmentation observée après la macération des figes sèches dans les échantillons de l'huile d'olive qui a augmenté de 1,4 % à 1,81 % pour l'huile d'olive vierge et de 2,03% à 2,6% pour l'huile d'olive vierge courante, cela peut être dû à la libération d'acides gras ou bien une migration éventuelle d'acides organiques du fruit vers la phase huileuse.

Les résultats de nos échantillons sont très proches de celle de la variété du Maroc (1,77%) pour l'huile d'olive vierge, et entre 2,17% et 3,29% pour l'huile d'olive vierge courante, obtenus par **Boulfane et al., (2014)**. Selon **Grati-Kamoun, (2007)**, ces résultats traduisent une faible hydrolyse durant l'extraction et le stockage de l'huile sous l'influence de la maturité des fruits et la récolte à la main, qui nous confirme la bonne qualité des huiles utilisées.

II.1.4 Indice de saponification

La connaissance de l'indice de saponification d'un corps gras nous renseigne sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras constituant le corps gras (Lion., 1955).

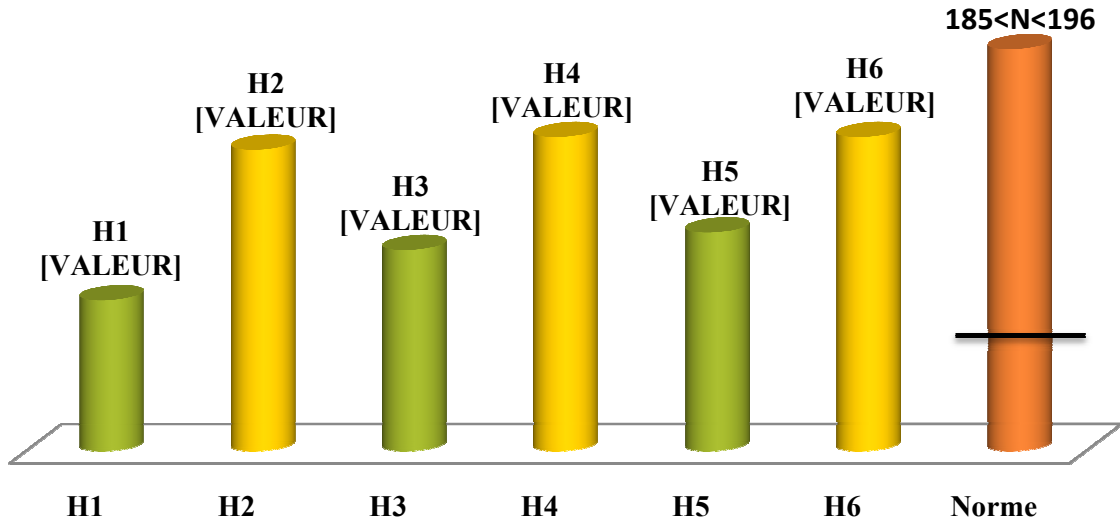
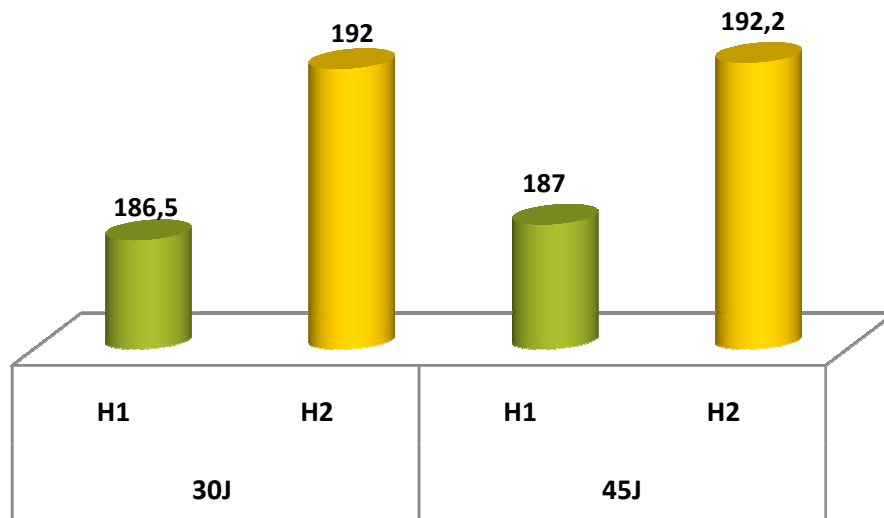


Figure 12 : Indice de saponification.



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive artisanale.

H3 : Macération des figes avec l'huile industrielle pendant 30 jours.

H4 : Macération des figes avec l'huile artisanale pendant 30 jours.

H5 : Macération de figes avec l'huile industrielle pendant 45 jours.

H6 : Macération de figes avec l'huile artisanale H2 pendant 45 jours.

Résultats et discussion

Les valeurs de cet indice obtenus par nos échantillons sont situées à l'intervalle donné par le **C.O.I(2015)** qui varie entre 184 et 196, et les résultats sont proches de la variété étudiée par **(Douzane et Bellal(2004))**.

Ceci montre que l'huile étudiée est moins riche en acide gras à longue chaîne (ce paramètre étant inversement proportionnel à la longueur de la chaîne) **(Harper., 1977)**.

II.1.5.Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde des huiles est un indicateur important du taux d'oxydation**(Rayan et al., 1998)**. Ce paramètre est exprimé en mg eqd'O₂/kg d'huile (milliéquivalents d'oxygène actif par Kg d'huile d'olive). L'indice de peroxyde est lié à la récolte, à la conservation et au mode d'extraction. Il reflète le degré d'oxydation des huiles, accéléré par la présence d'oxygène, la température et certains catalyseurs. Ces facteurs agissent sur les doubles liaisons des acides gras insaturés pour former des peroxydes et des hydro peroxydes **(Cimato, 1990)**. La figure ci-dessous illustre une représentation graphique d'indice de peroxyde :

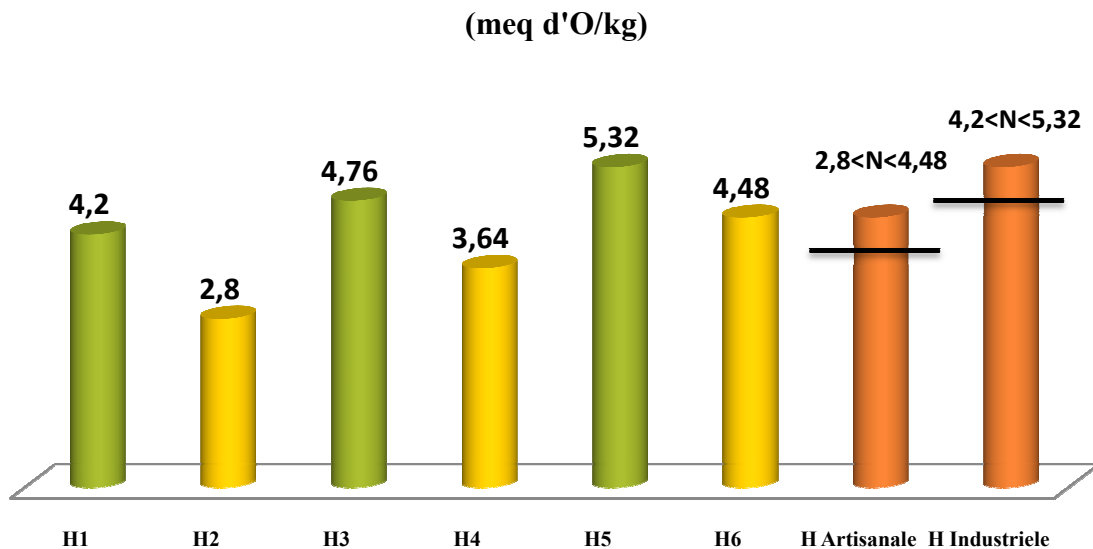
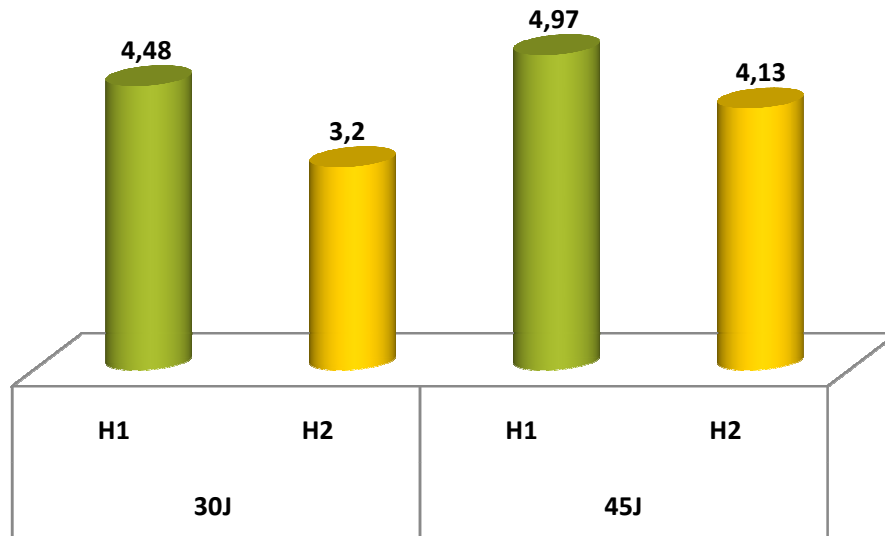


Figure 13: Indice de peroxyde.

Résultats et discussion



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive traditionnelle.

H3 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 30 jours

H4 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 30 jours

H5 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 45 jours

H6 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 45 jours

On remarque que tous les échantillons étudiés ont des indices de peroxyde conformes à la norme commerciale du Conseil Oléicole International pour les huiles d'olives (COI 2015). (Voir l'annexe).

Les teneurs en peroxyde vont de 4,2 à 5,32 meq O₂/ kg d'huile pour l'huile d'olive industrielle et de 2,8 à 4,48 meq O₂/ kg d'huile pour l'huile d'olive artisanale.

Après la macération de la fige sèche, la formation des peroxydes est augmentée avec le temps pour tous les échantillons, mais la plus importante était marquée avec l'huile d'olive traditionnelle, qui a été doublée au cours du période de l'imprégnation, mais elle reste très inférieure aux limites fixées par les normes.

Ces valeurs sont plus inférieures des résultats obtenus par les travaux de (Bentakaya et Mnasser., 2007) sur les huiles d'olive tunisienne où les valeurs de l'indice de peroxyde oscillent entre 6,6 à 11,5 meq O₂/kg.

La faible formation des peroxydes dans les échantillons est liée d'une part à leur richesse en antioxydants (les polyphénols) ; d'autre part aux bonnes conditions de

transformation des olives (la récolte à la main, de transport, de stockage en air et dans une période courte) et à l'état sain des fruits.

II.2. Caractères physiques

II.2.1. Teneur en eau (humidité)

L'humidité est un paramètre complémentaire important pour connaître la teneur en eau. Le taux élevé d'humidité est une source de dégradation des antioxydants. (Ribéreau-Gayon, 1968).

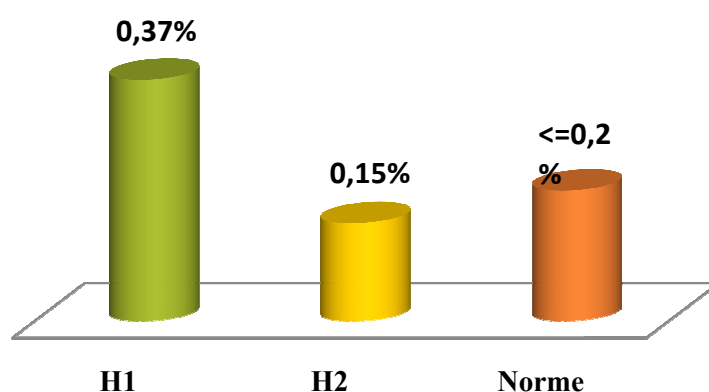


Figure 154: La teneur en eau.

H1 : L'huile d'olive industrielle.

H2 : L'huile d'olive traditionnelle.

Les teneurs en eau des échantillons étudiés sont conformes aux normes établies par le comité oléicole international qui sont $\leq 0,2\%$, **COI (2015)**. (Voir l'annexe).

Ces résultats peuvent être expliqués par l'effet cumulé de la variété et des conditions pédoclimatiques notamment la pluviométrie.

II.2.2. La densité relative

Les résultats obtenus sont rassemblés dans la figure suivante :

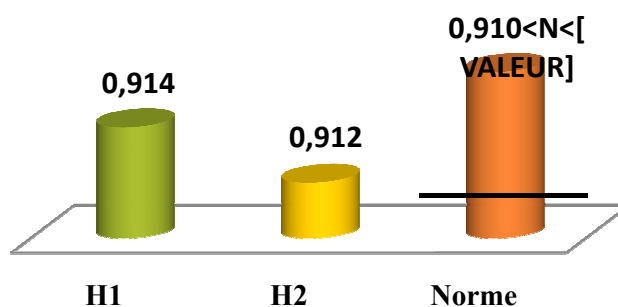


Figure 15: Densité relative.

H1 : L'huile d'olive industrielle.

H2 : L'huile d'olive traditionnelle.

La densité des huiles est en relation directe avec l'état de leur oxydation et leurs instauration, plus elle augmente plus l'huile est oxydée.

Les valeurs des échantillons dérivent entre 0,914 et 0,912 qui sont donc dans l'intervalle des normes (0,910 et 0,916) établies par le C.A (2015) et le COI (2015). (Voire l'annexe).

D'après ces résultats, on peut dire que les échantillons des huiles étudiées sont purs.

II.2.3. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est un paramètre qui détermine le degré d'instauration des acides gras entrant la composition dans la matière grasse et augmente proportionnellement au degré d'instauration de la matière grasse (Benrachou et *al.*, 2010).

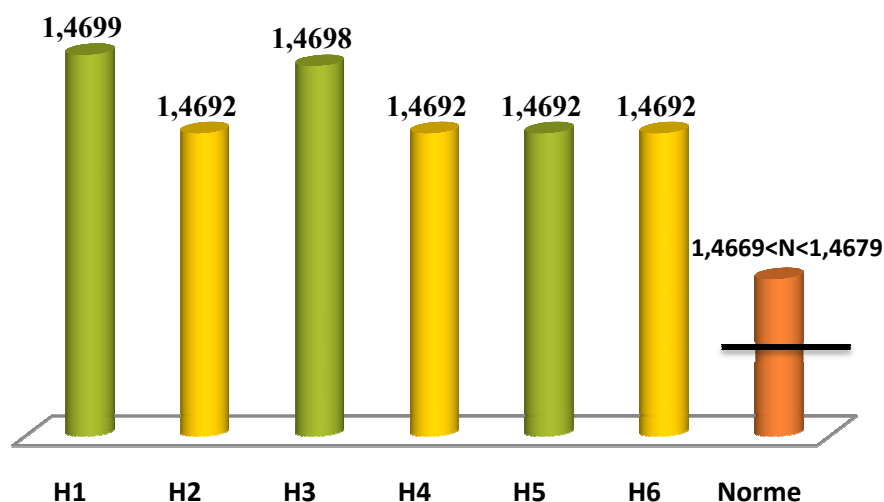


Figure 16 : Réfraction des échantillons.

Résultats et discussion

H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive traditionnelle.

H3 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 30 jours

H4 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 30 jours

H5 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 45 jours

H6 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 45 jours

En comparant ces valeurs à ceux de la norme du CO I (1,4669 – 1,4679), on trouve qu'ils sont un peu élevés. Cependant, tous les échantillons sont compris dans l'intervalle du C.A (1,4677 – 1,4705). (Voir l'annexe).

Donc, les huiles utilisées sont classées dans la catégorie des huiles non siccatives.

II.2.4. Extinction spécifique

L'extinction d'une huile nous renseigne sur son degré d'oxydation (El Antari et al., 2003).

En effet, à 232 nm, elle permet d'évaluer la présence de produits primaires d'oxydation des acides gras (hydroperoxydes linoléiques...), alors qu'à 270 nm les produits secondaires d'oxydation des acides gras (alcools, cétones, ...) sont détectés (Tchiegang et al., 2005). 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 sont exprimés dans la figure ci-dessous :

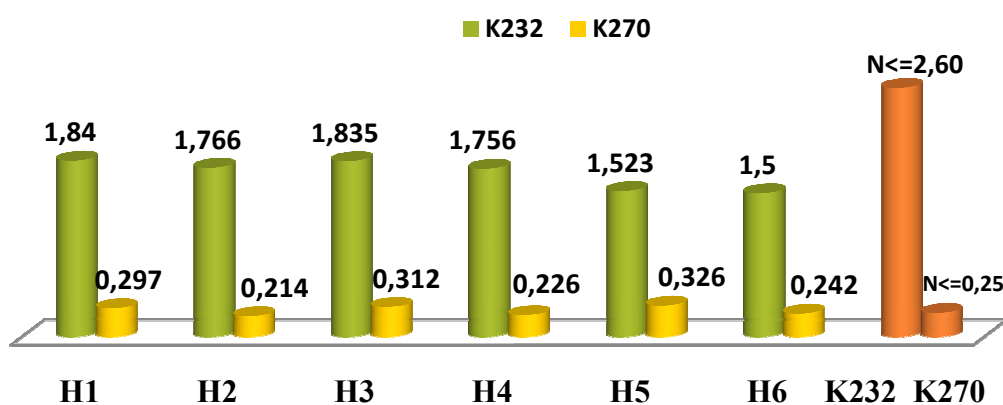
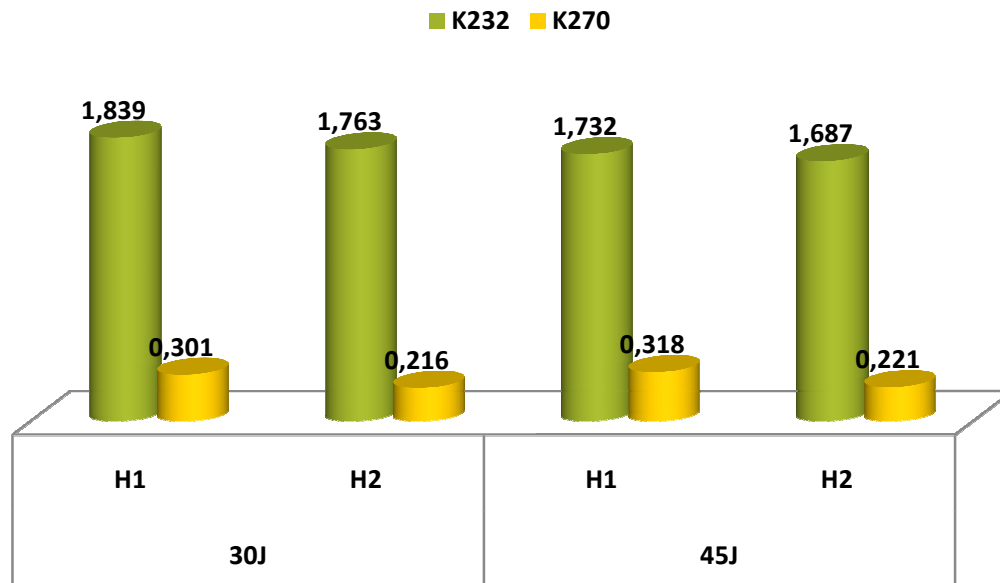


Figure 17 : Extinction spécifique

Résultats et discussion



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive artisanale.

H3 : Macération des figes avec l'huile industrielle pendant 30 jours.

H4 : Macération des figes avec l'huile artisanale pendant 30 jours.

H5 : Macération de figes avec l'huile industrielle pendant 45 jours.

H6 : Macération de figes avec l'huile artisanale H2 pendant 45 jours.

Les valeurs des extinctions spécifiques en ultra-violet K232 obtenues pour les échantillons sont tous dans les normes fixées par le COI (2015) qui sont $\leq 2,60$. Les valeurs varient entre 1,5 et 1,84 avec une très petite différence entre les deux témoins H1 et H2 avant et après la macération de la fige sèche. Une diminution de l'absorbance est remarquée pour tous les échantillons après la macération des figes ce qui nous indique d'une augmentation des antioxydants qui ont empêché l'oxydation dans le mélange.

De même, plus l'extinction à 270 nm indiquent qu'elles excèdent les limites fixées par le Conseil Oléicole International pour les huiles d'olives, qui sont $\leq 0,25$ pour les huiles vierges et $\leq 0,30$ pour les huiles vierges courantes (**Conseil Oléicole International, 2015**). On remarque une simple augmentation pour tous les échantillons mais elle correspond toujours les normes, sauf pour le H3 et H5 qui ont un peu plus que la norme. L'augmentation est expliquée par une légère reproduction des produits d'oxydation secondaires.

Résultats et discussion

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces bons résultats, il s'agit de la récolte juste après la maturité des olives, le bon conditionnement de l'huile après l'extraction (protection contre l'oxygène de l'air et à la lumière).

III. Teneur en pigments

Les caroténoïdes et les chlorophylles sont les principaux pigments trouvés dans les huiles végétales. 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).

III.1. Les chlorophylles

On distingue dans les pigments chlorophylliens : la chlorophylle α , majoritaire dans l'olive durant tous les stades de maturation, et la chlorophylle β (Roca *et al.*, 2001). La teneur de ces pigments dans l'olive verte (2 à 56 mg/Kg), (Ryan *et al.*, 1999). Les teneurs obtenues pour la chlorophylle des échantillons étudiés, sont exprimées en ppm, et représentées sur le graphe suivant :

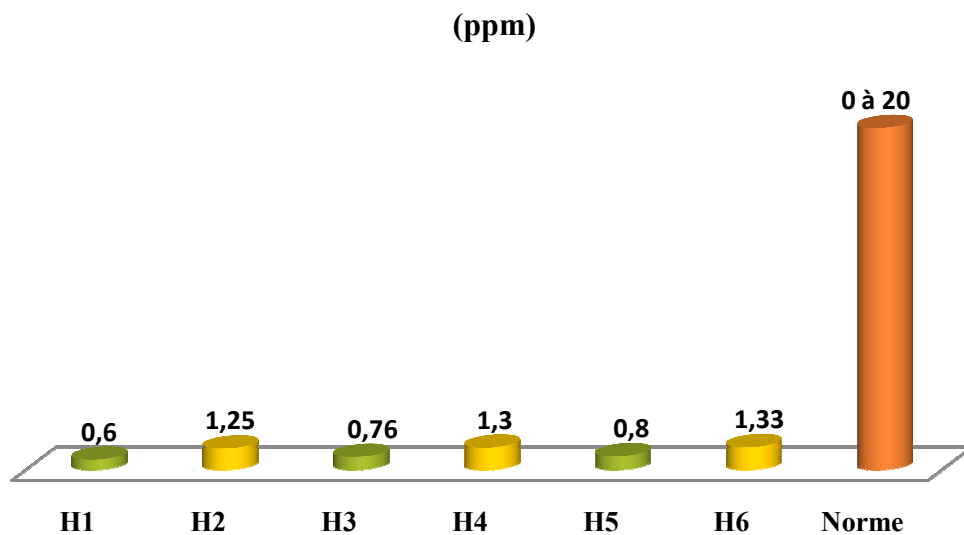
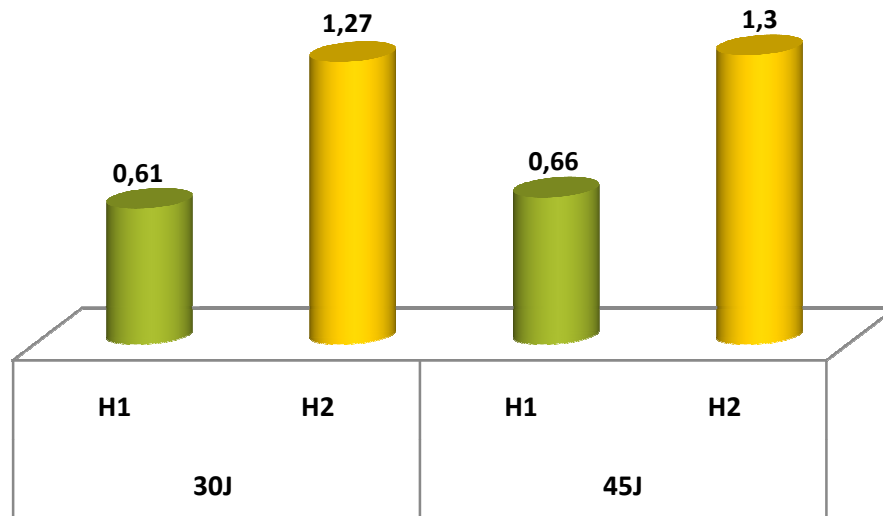


Figure 18 : Teneur en chlorophylles.

Résultats et discussion



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive artisanale.

H3 : Macération des figes avec l'huile industrielle pendant 30 jours.

H4 : Macération des figes avec l'huile artisanale pendant 30 jours.

H5 : Macération de figes avec l'huile industrielle pendant 45 jours.

H6 : Macération de figes avec l'huile artisanale H2 pendant 45 jours.

Les teneurs en chlorophylles, pour tous les échantillons étudiés, sont strictement inférieures à 20 ppm qui est la valeur maximale fixée par le **C.O.I (2015)**. Ces faibles teneurs sont souhaitées pour éviter l'action pro-oxydante des pigments la chlorophylliens et pour assurer ainsi une bonne conservation des huiles (**Kiritsakis et al., 1987**); une différence remarquable de ces valeurs entre les échantillons de l'huile d'olive traditionnelle avec H2 (1,25ppm), H4 (1,3ppm) et H6 (1,33ppm), et de celle industrielle, avec les valeurs de H1(0,6ppm), H3(0,76ppm) et H5 (0,8 ppm), dont les grandes valeurs ont été enregistrées par l'huile d'olive artisanale.

Ces valeurs sont proches des résultats obtenus par (**Benaziza et Semad, 2016**), qui ont étudiés plusieurs variété d'huile d'olive dans le sud-est de l'Algérie, ou la valeur marquée était 0,76 ppm.

Les faibles teneurs enregistrées peuvent être dues à l'effet du degré de maturité, le système d'extraction, le sol et les conditions climatiques (**Allalout et al. (2009)**).

Cette diminution est due à la dégradation de la chlorophylle en phéophytines qui confèrent à l'huile sa couleur jaune (**Psomiadou et al, 2001**); (**Ait Yacine, 2001**).

III.2. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes se décomposent également au cours du stockage de l'huile, surtout si elle est exposée à la lumière (Ryan, 1998). Ils comprennent les carotènes (β - carotène), et les xanthophylles (lutéine, zéaxanthine, violaxanthine et antheraxanthine) (Criado et al., 2007).

Les caroténoïdes sont des protecteurs solides contre la photo- oxydation. 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 (Vinson et al., 1998).

Les caroténoïdes sont mieux absorbés dans l'organisme lorsqu'une petite quantité de lipides (gras) est consommée au même moment (Van et al., 2000).

Les teneurs en caroténoïdes des échantillons sont exprimées en mg/kg, et représentées sur le graphe suivant :

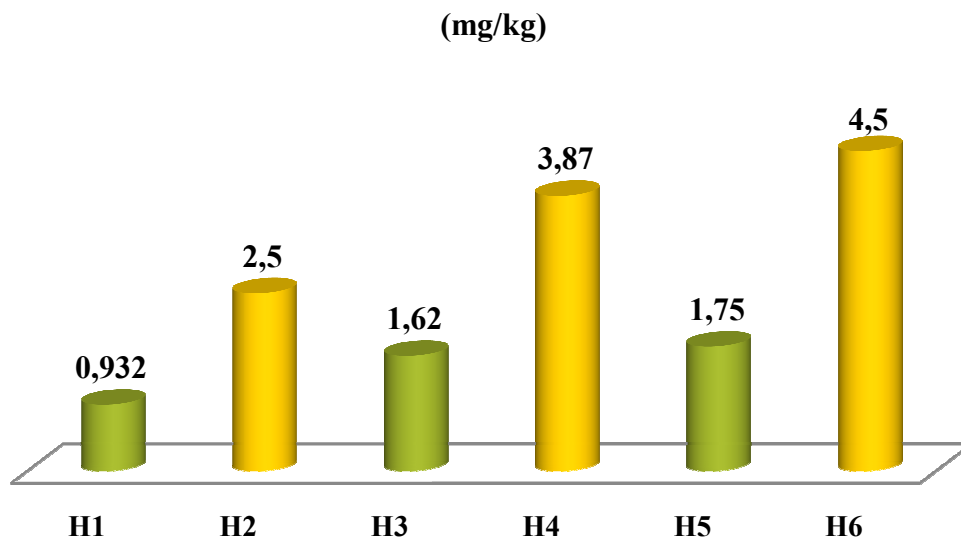
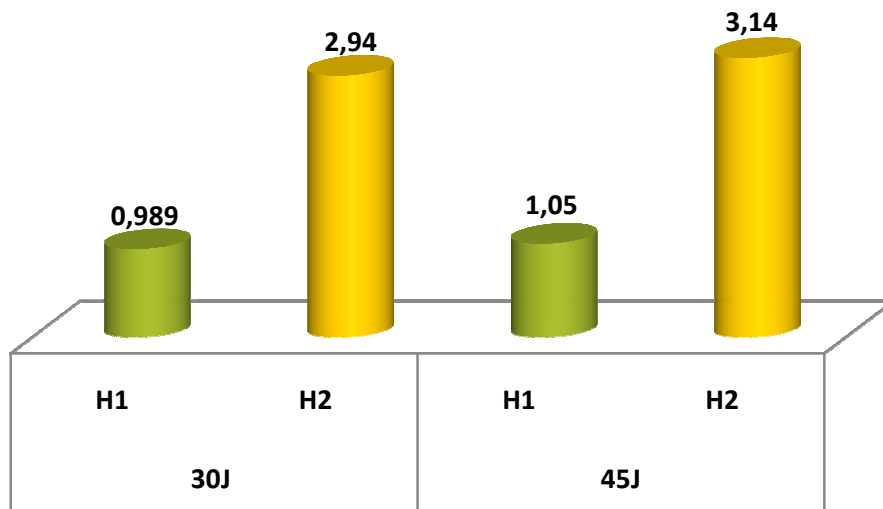


Figure 19 : Evaluation des caroténoïdes de l'huile d'olive avant et après macération des figes.

Résultats et discussion



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive traditionnelle.

H3 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 30 jours

H4 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 30 jours

H5 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 45 jours

H6 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 45 jours

Les résultats obtenus par les caroténoïdes varient entre 0,932 et 1,75 mg/kg pour l'huiles d'olive industrielle, et entre 2,5 à 4,5 mg/kg pour l'huile artisanale.

Une différence importante des valeurs entre qui ont marquées par l'huile extraite traditionnellement et celle qui est extraite industriellement avant et après macération des figes, ou on a observé aussi une évolution importante des caroténoïdes avec le temps, dont a plus grande valeurs été marquée par l'échantillon H6 avec une valeur de 4,5 mg/kg après 45j.

Ces résultats sont supérieurs à celle enregistrées par **Zagan et al., (2015)** pour les huiles provenant de quatre sites en Algérie, avec des quantités de 0,67 et 1,70 mg / kg.

Les valeurs obtenues par le travail d'analyse des huiles d'olive réalisé par **Tanouti et al (2011)**, sont supérieurs de ce qu'on a obtenus, dont les valeurs sont comprises et 2,71 à 13,4 mg/kg de caroténoïdes, Nos résultats sont inférieurs aussi par rapport à ceux qui sont obtenus sur la variété espagnole qui présente des teneurs en carotènes variant de 2 à 14 mg/kg. (**Salvador et al., 2001**).

Résultats et discussion

La variation de la teneur en caroténoïdes de l'huile d'olive est étroitement dépendante du processus utilisé lors de l'extraction, et les huiles d'olive extraites traditionnellement sont plus riches en caroténoïdes (Daskalakis *et al.*, 2002).

Selon Puech *et al.* (1976), la teneur en caroténoïdes de la peau de la figue fraîche au cours de sa maturation (transite entre la couleur verte en violet) est estimée à 6.8 mg/100g de poids frais.

Selon Lazzer *et al.* (2006), la présence des caroténoïdes en quantité suffisante dans l'huile permet de retarder le phénomène de la photo oxydation et de préserver les paramètres de qualité de l'huile au cours du stockage. Dont d'huile d'olive riche en pigments est plus aromatisée et plus stable lors de stockage.

IV. La teneur en composés phénoliques

IV.1. Polyphénols totaux

Les polyphénols contribuent à la bonne stabilité d'une huile de deux manières : d'une part ces composés, antioxydants naturels, vont s'oxyder préférentiellement aux acides gras insaturés; d'autre part, on attribue aux phénols la capacité de piéger les radicaux OH (Gutiérrez *et al.*, 2001). L'importance des composés phénoliques réside dans leur contribution à la protection cellulaire à l'intérieur du corps (Nawaz *et al.*, 2006).

Certains composés phénoliques confèrent aux huiles vierges une saveur amère et une sensation piquante (Ollivier *et al.*, 2004).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux des deux types d'huile d'olive avant et après macération sont représentés dans la figure suivante :

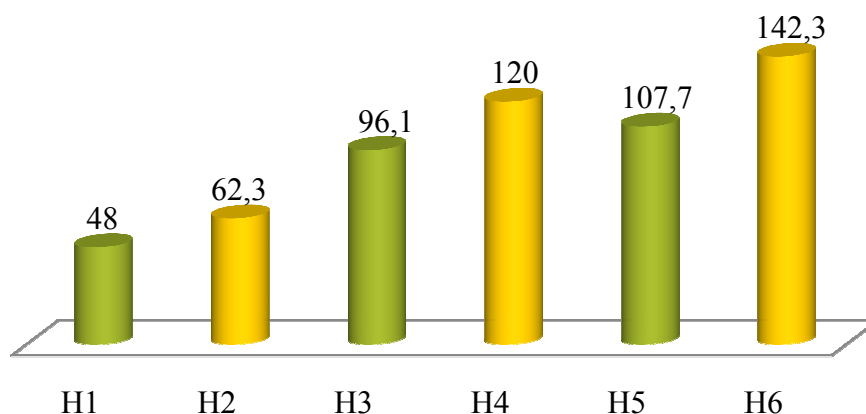
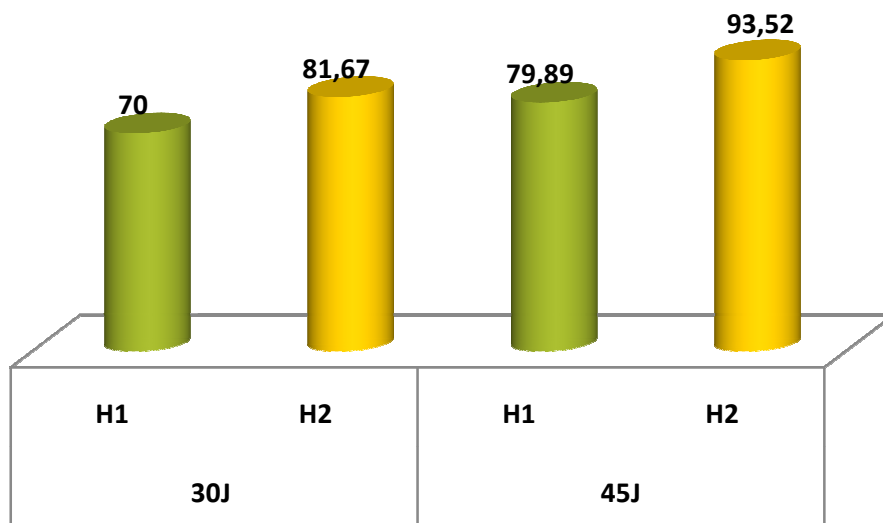


Figure 20 : Evolution en composés phénoliques de l'huile d'olive des échantillons étudiés.

Résultats et discussion



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive artisanale.

H3 : Macération des figes avec l'huile industrielle pendant 30 jours.

H4 : Macération des figes avec l'huile artisanale pendant 30 jours.

H5 : Macération de figes avec l'huile industrielle pendant 45 jours.

H6 : Macération de figes avec l'huile artisanale H2 pendant 45 jours.

La teneur en polyphénols du mélange Figue sèche–huile d'olive est rapportée en milligramme d'équivalents d'acide gallique par 100 gramme d'échantillon (mg E.A.G./100g).

Les résultats obtenus montrent que les échantillons de l'huile d'olive extraite artisanalement ont une quantité plus élevée que celle de l'huile extraite industriellement pour les deux témoins H1 (48) et H2 (62,3). Cette différence est due au facteurs d'extraction selon **De Stefano et al., (1999)** et les conditions d'extraction selon **Vekiari et Koutsaftakis (2002)**. Donc la technologie traditionnelle nous fournit des huile plus riches en polyphénols.

Ces valeurs sont largement inférieure à celle trouvée par **Alileche et al., (2015)** avec une teneur de 710,22 mg EAG/g pour les huile d'olive vierges.

Nos variétés sont beaucoup plus riches en polyphénols totaux que les variétés tunisiennes (18,2 mg/Kg) et les variétés espagnoles (entre 37,2 et 93,2 mg/Kg) analysées respectivement par **Dhifi et al. (2006)** et **Ceci et Carelli (2007)**.

Résultats et discussion

Les valeurs de la teneur en polyphénols ont augmenté avec le temps après la macération des figues noirs sèches, les valeurs sont augmentées de 48 à 107,7meq AG/100g pour l'huile d'olive industrielle, et de 62,3 à 142,3meq AG/100g pour l'artisanale. Cette augmentation est peut-être justifiée par le passage des polyphénols des figues vers l'huile où l'huile d'olive a joué un rôle d'un solvant d'extraction.

Il est bien connu que la teneur en composés phénoliques n'est pas seulement liée à la variété, mais c'est le résultats d'une interaction complexe entre plusieurs facteurs, à savoir l'indice de maturité des olives (**Rovellini et Cortesi, 2003**).

La teneur des composés phénoliques marquée par les figues étudiées après macération dans les huiles d'olive est de 587,66 mg eq AG /100g, cette valeur est très supérieure à ceux obtenus par **Zemouri (2013)**, et également supérieure à la teneur en polyphénols totaux de quelques variétés de figues fraîches noires, jaunes, violettes et vertes qui varient entre 28.6 à 211.9 mg eq AG /100g de poids frais étudiées par **Oguzhan et al (2011)**.

Les teneurs en polyphénols sont appréciables dans les échantillons des huiles et des figues sèches, ce qui peut être attribuée à plusieurs facteurs :

- La méthode d'extraction et les conditions d'analyses.
- L'origine géographique des échantillons

V. Activité antioxydante des polyphénols

V.1. Pouvoir anti radicalaire (DPPH)

Les activités anti-radicalaires des deux types d'huile d'olive sur le radical DPPH sont présentées dans la figure si dessous :

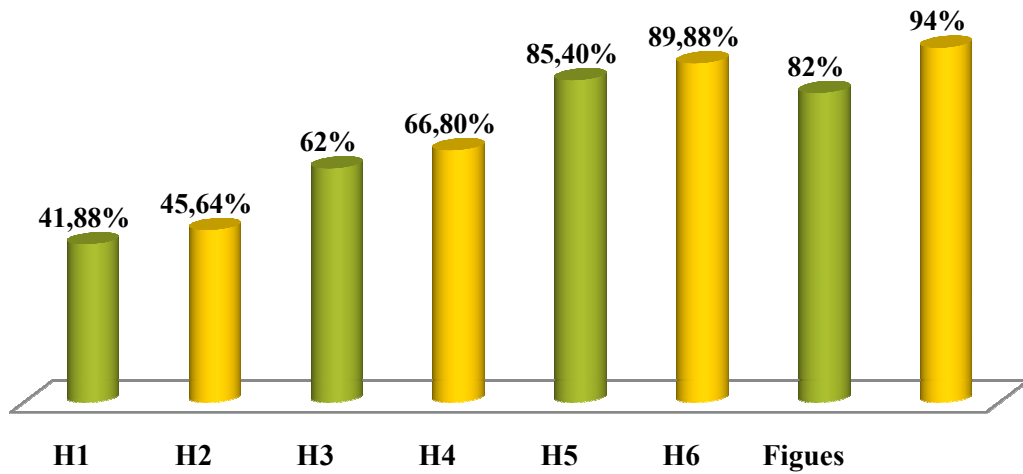
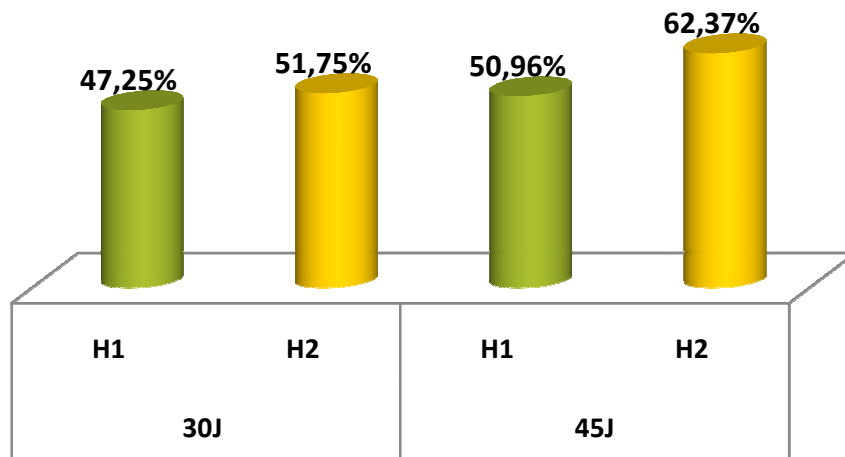


Figure 21 : Pourcentage d'inhibition des différents échantillons étudiés.



H1 : Témoin de l'huile d'olive industrielle.

H2 : Témoin de l'huile d'olive traditionnelle.

H3 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 30 jours

H4 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 30 jours

H5 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H1 pendant 45 jours

H6 : Huile d'olive obtenue après macération de figes avec H2 pendant 45 jours

Résultats et discussion

Les résultats montrent que la capacité d'inhibition du radical de DPPH par les deux témoins d'huile d'olive est presque la même dont la valeur de H2 (45,64%) était un peu supérieure du H1(41,88%).

La capacité de cette inhibition est en augmentation avec le temps et après la macération des figes dans les deux types de l'huile d'olive, les valeurs ont augmenté de 41,88 % à 85,40% pour les mélanges de l'huile d'olive vierge courante qui est extraite industriellement, et de 45,64% à 89,88% pour l'huile d'olive vierge extraite artisanalement.

En comparant les pourcentages d'inhibition des l'huiles d'olive témoins (H1,H2) avec celle des figes seules on trouve que la capacité des figes est plus supérieure. Mais ce pourcentage a augmenté après la macération après 45j pour les deux types d'huile, et il a dépassé le pourcentage des figes seules. Malgré ces importantes augmentations des pourcentages d'inhibition de DPPH, que ça soit pour les mélanges ou pour les figes et les huiles seules, l'acide ascorbique reste toujours celui qui présente les meilleurs valeurs d'inhibition de ce radicale.

Nos résultats sont en accord à ceux rapportés par **Aleiliche et al. (2015)**, qui ont obtenus des valeurs de 88%.

D'après les résultats, on peut constater que la capacité à piéger le radical DPPH par les mélanges d'huiles d'olive et figes est plus efficace que celle d'huile d'olive seule et beaucoup plus avec l'huile d'olive vierge traditionnelle.

Ces résultats confirment la richesse des huiles étudiées en antioxydants de types composés phénoliques, qui nous assurent une activité antioxydante très importante. Selon **Benlmlih et Ganam(2012)**, Cette activité antioxydante de l'huile d'olive vierge serait due à sa richesse en composés phénoliques.

Conclusion

Notre travail nous a permis de réaliser une étude comparative entre deux échantillons d'huiles d'olive extraites par deux méthodes différentes (artisanale et industrielle) afin d'étudier l'évolution des teneurs en composés phénoliques dans chaque type d'huile utilisées. Les résultats obtenus nous ont montrés un développement avantageux de la quantité des polyphénols en huile artisanale que l'huile industrielle. Les résultats d'analyses physicochimiques de H1 et H2 sont respectivement la teneur en eau (0.37% ; 0.15%), l'indice de réfraction (1.469 ; 1.469), l'acidité libre (2.6 ; 1.81), l'indice de peroxyde (5.32 méqo²/Kg; 4.48 méqo/Kg), l'extinction spécifique K232 (1.523 ; 1.5), K270 (0.326 ; 0.242), l'indice de saponification (188.7 ; 192.5), et indice d'iode (87.69 ; 87.81). Ces résultats montrent que H2 possède les meilleures caractéristiques, ils sont conformes à la norme C.O.I (2015) qui permet leur classement dans la catégorie d'huile d'olive vierge.

Les conditions expérimentales optimales permettant une maximisation de l'extraction des Polyphénols du mélange étudié sont ; le solvant (méthanol) à une concentration de 1ml d'extrait méthanolique et la température étant ambiante pour un temps de 90 minutes.

Le taux des composés phénoliques retrouvé, sous les conditions optimales, est de l'ordre de H1=107,7 mg d'EAG/100g et H2=142,3mg d'EAG/100g de produit.

La présente étude montre que les teneurs en pigments qui sont présentés par les chlorophylles et caroténoïdes de l'extrait optimisé sont de l'ordre de (0.8 ; 1.33) mg, (1.75 ; 4.5) respectivement.

Le pouvoir anti radicalaire vis-à-vis le DPPH• du mélange Figue sèche-Huile d'olive étudié à la concentration de (6×10⁻⁵ M) après 30 min d'incubation à l'obscurité, a révélé des pourcentages d'inhibitions de l'ordre de 82% et 94%, respectivement.

A la lumière de cette investigation, et pour compléter la présente étude, il serait intéressant :

- ✓ D'optimiser d'autres paramètres influençant l'extraction des polyphénols tels que le PH.
- ✓ Utiliser des techniques d'analyse avancées (HPLC-MS, RMN, etc.) pour identifier les antioxydants de l'extrait.

Références bibliographique

1. A.F.I.D.O.L., (2012). Association Française Interprofessionnelle de l'olive- section spécialisée « olive » de l'Organisation Nationale Interprofessionnelle des Oléagineux (ONIDOL).
2. A.F.N.O.R X06E "Méthodes statistiques". Contrôles -Essais-Mesures.
3. **Afonso V., Champy R., Mitrovic D., Collin P., Lomri A., (2007).** Revue du Rhumatisme. Rhumatisme. Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxy des dismutases. Rôle dans les maladies rhumatismales. Revue médicale. 74 ; 636-643.
4. Akıllıoğlu M., Özen YA., Akay Z., Özen H., Aksu B., Dizdaroğlu T., Özilbey N., **Arsel H., and Özahçı E., Zeytin Raporu, 2000).** In VII. Beşyillik kalkınma planı bitkisel üretim özel ihtisas komisyonu meyvecilik grubu., (Zeytincilik Araştırma Enstitüsü: İzmir).
5. **amaniego-Sanchez C., Quesada-Granados J.J., Lopez-Garcia H., De La Serrana M.C., Lopez-Martinez J., (2010).** Beta-Carotene, squalène and waxes determined by chromatographic method in Picual extra virgin olive oil obtained by a new cold extraction system. Journal of Food Composition and Analysis 23, 671–676.
6. **Angerosa F., Mostallino R., Basti C. and Vito R., (2001).** Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. Food Chemistry, 72: 19-28.
Antihypertensive, antiatherosclerotic and antioxidant activity of triterpenoids isolated from *Olea europaea*, subspecies *Africana* leaves
7. **Becker. C. K., and C., K.V.,(1983)"Nucleotide Sequence of a Complementary DNA Clone Encoding Stearoyl Acyl Carrier Protein Desaturase from *Simmondsia Chinensis*", Plant Physiology, 99: 362-3.**

8. **Ben Sassi A, Boularbah A, Jaouad A, Walker G, Boussaid A., (2006).** A comparison of Olive oil Mill Wastewaters (OMW) from three different processes in Morocco. 41 (1) : 74-78.
9. Ben Tekaya I. and Hassouna M., (2005). Etude de la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge extra tunisienne au cours de son stockage. Oléagineux Corps Gras Lipides, 12 (5-6) : 447-453.
10. **Benaziza Abdelaziz., Semad Djamila., (2010).** European Oleiculture : Caracterisation De Six Varietes D'olives Introduites Dans Le Sud – Est Algerien. LES TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE – 2010, Volume 5, N°18
- Références bibliographique
11. **Benlemlih M., et Ghanam, J. JOYEUX H., (2012).** Polyphénols d'huiles d'olive, trésors sein p 128. □
12. Benrachou, N., (2013). Étude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olives issues de trois cultivars de l'Est algérien. Thèse de doctorat option : biochimie appliquée. Université badjimokhtarannaba p : 112.
13. **BENTAKAYA I., MNASSER H., (2007).** Effet des chlorophylles, du bêta-carotène, de l'alpha-tocophérol, du tyrosol et de leurs interactions sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive tunisienne. O.C.L. 14, N° 1, p 60 – 67.
14. **BEN TEKAYA I., HASSOUNA M., OCL., (2005).** L'acidité libre et l'indice de peroxyde. p (447).
15. **Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., Sapirstein, H.D., (2005)** Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. Cereal chemistry. 82: 390-393.
16. Blázquez J.M., (1997). Origine et diffusion de la culture. In : Encyclopédie

mondiale de l'olivier. COI (Ed.), Madrid, Espagne, pp. 19-58.

17. Borg J.M., Reeber A., (2008). Biochimie métabolique, Ellipses, France, pp: 257-269.

18. **Bouhadjra K., (2011).** Etudes de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse de stabilité sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge. Mémoire de magistère. Chimie, Université des TIZI OUZOU, p96.

19. **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

20. **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.

21. Breton CM, Bervillé A., (2012). New hypothesis elucidates self-incompatibility in the olive tree regarding S-alleles dominance relationships as in the sporophytic model. C R Biol. 335(9):563-72

22. Bruneton, J., (1997). « Eléments de phytochimie et pharmacologie », Editions Tec & Doc Lavoisier, Paris 1997, pp. 405–426.

Références bibliographique

23. **Bubonja-Sonje A., Giacometti J., Abram M., (2011).** Antioxidant and antilisterial activity of olive oil, cocoa and rosemary extract polyphenols. Food Chemistry, 127: 1821-827.

24. **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 194-2

25. C.O.I., (2003). L'olivier –l'huile -l'olive. Edition et diffusion dépôt légal.
26. C.O.I., (2006). Guide gestion de la qualité de l'industrie d'extraction de l'huile de grignons d'olive, 2006 ; T.33-1 /Doc. N °4.
27. C.O.I., (2007). Analyse sensorielle de l'huile d'olive : méthode d'évaluation organoleptique de l'huile d'olive vierge. COI/T/ 20/Doc. N ° 15/Rev.2.
28. Caron, J.Y Jamin, A. Richard, T. Ruf (éds.) ., (2004). Coordinations hydrauliques et justices sociales. Actes du séminaire, novembre 2004, Montpellier, France. Cirad.
29. Carralafuente E.L., (2003). Les biens faits de l'huile d'olive. Diabète Voice. Volume 48. N°4. Chagnon P. (2005). Les plans d'expériences (partie 2), Les modèles de régression. Article réalisé par un membre de la Commission de Normalisation AFNOR X06E « Méthodes statistiques ». Avis d'experts statistiques. 99 pp.
30. **Chen CN., Liang CM., Lai JR., Tsai YJ., Tsay JS., Lin JK., (2003).** Capillary electrophoretic determination of theanine, caffeine, and catechins in fresh tea leaves and oolong tea and their effects on rat neurosphere adhesion and migration. *J Agric Food Chem* 51: 7495-7503.
31. **CICERALE S., LUCAS L. & KEAST R., (2010).** Biological activities of phenolic compounds present in virgin olive oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 458-579.
32. **CICERALE S., Conlan X. A., Sinclair A. J. and Keast R. S. J., (2009).** Chemistry and health of olive oil phenolics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(3): 218-236.
33. **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)

34. **Criado M.N., Motilva M.J., Goni M. and Romero M.P., (2007).** Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and

Références bibliographique

carotenoid fractions of drupes and virgin oils from Arbequina and Farga cultivars.

Food Chemistry, 100 : 748-755.

35. **Cronquist A., (1981).** An integrated system of classification of flowering plants.

Columbia.

36. **Defraigne, J. O., Charlier, C. and Chapelle, J. P., (2007).** Le stress oxydant.

Revue Medicale de Liege, 62(10) : 628-638.

37. Degryse, A.C. ; Delpla, I. ; Voinier, M.A., (2008). « Atelier Santé Environnement, Risques et bénéfices des huiles essentielles », IGS. EHESP.

38. Dudur-Jarrige., (2001). Les origines de la culture de l'olivier en Méditerranée: Le point sur les découvertes paléobotaniques et leurs interprétations. In : L'olivier dans l'espace et dans le temps. Actes des 1^{ères} Rencontres Internationales de l'olivier, 19-20 octobre. Institut du monde de l'olivier, Nyons, France, pp. 10-22.

39. **ENKINS, R.R., (1988).** Free radical chemistry, relationship to exercise. Sports Medicine, 5, p. 156-170.

40. Hamida BENABID., (2009). Etude des caractéristiques physico-chimiques des huiles de quelques variétés de populations d'olive de la région de Béjaïa. Science et Technologie C, N° 22, 86-93.

41. **Ez. Nkhili, H. El Hajji, V. Tomao, O. Dangles, E. El Boustani et F.Chemat., (2009).** Microwave- assisted water extraction of green tea polyphenols. J. Phytochemical Analysis, sous press.

42. **F.A.O., (2010).** Food and Agriculture Organisation. Database results; FAO-STAT.

43. Favier A., (2003) Le stress oxydant. Actualité chimique, 108-115.
44. Fedeli E., (1999). Qualité (stockage, conservation et conditionnement de l'huile), réglementation et contrôle. Séminaire international sur les innovations scientifiques et leurs applications en oléiculture et oléotechnique. Florence, 10, 11 et 12 mars 1999. Conseil Oleicole International, 1-20.
45. **Gammoudia, A. Dandanaa, H. Chaheda, S. Ferchichia, S. Ernezb, A. Mileda., (2013). Évaluation des paramètres du stress oxydant chez des patients coronariens.** Immuno-analyse et biologie spécialisée : 28 ; 39–42.
46. Gardès-Albert, M., D., B.-R., Abedinzadeh, Z., & Jore, D., (2003). Espèces réactives de l'oxygène Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? L'actualité chimique, 269-270, 91-96.
47. **Gimeno E., Castellote A.I., Lamuela-Raventos R.M., De la Torre M.C. and Lopez- Sabater M.C., (2002).** The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, α -tocopherol, and β -carotene) in virgin olive oil. Food Chemistry, 78: 207- 211.
48. **Giuffrida D., Salvo F. Salvo A. La Pera L. and Dugo G., (2007).** Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various Sicilian olive varieties. Food chemistry, 101 (2): 833-837.
49. **Goswami P.C., (2007).** A redox cycle within the cell cycle :ring in the old with the new. Oncogene. 26: 1101-9.
50. **grignons d'olive., (2006).** T.33-1 /Doc. n°4.
51. **H. Sies, E. Cadenas., (1985).**"Oxidative stress: damage to intact cells and organs", Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, Vol. 311, p. 617.

52. Haesslein D. et Oreiller S., (2008). Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. Haute école de santé Genève.
53. Haleng J et al. Le stress oxidant. Rev Med Liège., (2007). 62: 10: 628-638.
54. **Halliwell, B., (1995).** Mechanisms involved in the generation of free radicals. Pathologie Biologie,44:3-6.
55. **Haslam E., (1996).** J. Nat. Prod., 59, 205-215.
56. **Infanger E., (2004).** Table de composition nutritionnelle suisse. Berne. 1992-0067.
57. J Physiol . 2011 juil. 1; 589 (Pt 13): 3049-3050.doi: 10.1113 / jphysiol.2011.212480
58. **J. Ethnopharmacol., (2003);** 84: 299-305
59. 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.
60. **Laurent A., (2008).** La valeur nutritionnelle des olives de France. Le Nouvel Olivier, 64: 3-9.
61. LAVEE N., (1997). Biologie et physiologie de l'olivier. Encyclopédie mondiale de l'olivier. Ed. C.O.I., 61-110.
62. **Lavee S., (1986).** Olive. In: Handbook of fruit set and development. Monselive P.S. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, FL., pp. 261-276.
63. **Li –weber., (2009).** New therapeutic aspect of flavones: the anticancer properties of scutellaria and its main active constituents wogoinin . Baicalein and Baicalin. Cancer Treat. Rev. 35.57-68
64. **LOLOS M., OREOPOULOU V. & TZIA C., (1999).** Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1524-1528.

65. **Loussert R, Brousse G., (1978).** L'olivier. Techniques agricoles et production méditerranéennes(Édit) Maisonneuve et Larousse, paris, France 480p.
66. **Maaoui M., (2014).** Atlas : plantes ornementales des ZIBAN. Edition CRSTRA, station de bio ressources El outaya.341p.
67. Maillard., (1975). L'olivier, comité technique de l'olivier section spécialisée de l'INVEC, Paris; 147p. 33(22) : 55-64.
68. **Mataix J., Barbancho F.J., (2006).**, Olive oil in Mediterranean food. In: Olive oil and Health. Quiles J.L., Ramez-Tortosa M.C., Yaqoob P (Eds.), CAB International, 41 p.
69. Mateos R. and García-Mesa J.A., (2006). Rapid and quantitative extraction method for the determination of chlorophylls and carotenoids in olive oil by high-performance liquid chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 385: 1247-1254.
70. **McKay D. L., & Blumberg J. B., (2002).** *J. Am. Coll. Nutrition.*, 21,1-13.
71. Mendil M. et Sebai A., (2006). L'olivier en Algérie. ITAF, Alger, Algérie, 99 p.
72. Michel-Rosales A., Valdés M., (1996). Arbuscular mycorrhizal colonisation of lime in different agroecosystems of the dry tropics. *Mycorrhiza*, 6: 105-109.
73. **Morettini A., Bini G., Bellini E., (1972).** Comportamento di alcune cultivar di olivo de tavola francesi e spagnole nella Maremma Toscano. *Rev. Della Orto-Floriofrutticoltura Ital.*, 56: 3- 18.
74. **ngerosa 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.
75. **Nijveldt, R.J., van Nood, E., van Hoorn, DEC., et al., (2001).** Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications *Am J Clin Nut*

,74 (4), 25-418

76. O.N.H. (2012). Office National de l'Huile. La filière de l'huile d'olive, composante stratégique de l'agriculture tunisienne et de l'économie nationale. République tunisienne. Ministère de l'agriculture.

77. organicChemistry to the exploration of its structure and function. Accounts of Chemical

Références bibliographique

78. 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.

79. **Owen RW, Mier W, Giacosa A, Hull WE, Spiegelhalder B, Bartsch H., (2000).** Identification of lignans as major com- ponents in the phenolic fraction of olive oil. Clin. Chem. 46, 976–988.

80. **PACIFICI, R.E. & K.J.A. DAVIS., (1990).** Protein degradation as an index of oxidative stress. Methods Enzymol, 186, p. 485-502.

81. **Pagnol J., (1975).** L'olivier. Ed. Aubbanel, 95p.

82. **PENNA. C., MANCARDI. D., RASTALDO. R., PAGLIARO., (2009).** P, Cardio protection: A radical view Free radicals in pre and post conditioning. Biochimica et Biophysica Acta, 1787: 781.

83. **Phillips K.M., Ruggio D. M., Toivo J. I., Swank M. A. and Simpkins A.H., (2002).** Free and Esterified Sterol Composition of Edible Oils and Fats. Journal of Food Composition and Analysis, 15 :123-142.

84. **Pinelo M., Rubilar M., Jerez M., Sineiro J. et Nunez M. J. (2005).** Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal*

of Agricultural and Food Chemistry. 53: 2111-2117.

85. **Ramos A., Visozo A., Piloto J., Garcia C., Rodriguez A. et Rivero R., (2003).**

Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in cuban medicinal plants.

Journal of Ethnopharmacology. 87 : 241–246.

86. **Rigide, A.H. ; Madar, huile d'olive de Z., (2002).** Comme aliment fonctionnel :

épidémiologie et approches alimentaires. *Nutr. Rév*, 60, 170- 176.

87. Ryan D., Robardas K. and Lavee S., (1998). Evaluation de la qualité de l'huile d'olive. *Olivae*, 72 : 26-38.

88. Sarni Manchado P. et Cheynier V., (2006). Les polyphénols en agroalimentaire.

Ed. Lavoisier ,2- 10

89. Sciences et avenir.fr

90. **Scientific Journal November., (2016)** edition vol.12, No.33 ISSN: 1857 – 7881

(Print) e - ISSN 1857- 7431.

91. **Sebastian., (2010).** Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : Entre Tradition et innovation. Mémoire de doctorat. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, p 160.

Références bibliographique

92. **SEN, C.K. (1995).** Oxidants and antioxidants in exercise. *Journal Applied of Physiology*, 79, p. 675-686.

93. **SOMOVA L.-I., SHODE F.-O., RAMMANAN P., NADAR A., (2003).**

Antihypertensive, antiatherosclerotic and antioxidant activity of triterpenoids

isolated from *Olea europaea*, subspecies *Africana* leaves *J. Ethnopharmacol* ; 84:

299-305.

94. **Steffes M, Hozawa A, Jacobs D., (2007).** Relationships of circulating carotenoid concentrations with several markers of inflammation, oxidative stress, and

endothelial dysfunction: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults

(CARDIA)/ Young Adult Longitudinal Trends in Antioxidants (YALTA) Study.
Clin Chem, 53, 1-9. 102.

95. **Tombesi, A. Cartechini, A., (1986).** «L'effetto dell'ombreggiamento della chioma sulla differenziazione delle gemme a fiore dell'olivo». Rivista di orto floro frutticoltura italiana., PP .277-285.

96. **Urquiaga I. et Leighton F., (2000).** Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. Biological Reserch.

97. **Vidaud J., (1997).** Le figuier. Editions : centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, 335p.

98. **Vincent, A., & Renerre, M., (2006).** Lipid and protein oxidation in microsomal fraction from turkeys: influence of dietary fat and vitamin E supplementation. Meat Science, 58(2), 125-134.

99. **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.

100. **Visioli F. and Galli C., (1998).** Olive oil phenols and their potential effects on human health. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 4292-4296.

Annexes

Annexes

Tableau 12 : Critères de qualités d'huile d'olive.C.O.I (2015) :

	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	Huile de grignons d'olive brute	Huile de grignons d'olive raffinée	Huile de grignons d'olive
4.1 Caractéristiques organoleptiques									
- odeur et saveur					acceptable	bonne		acceptable	bonne
- odeur et saveur (sur une échelle continue)									
. médiane du défaut	Me = 0	0 < Me ≤ 3,5	3,5 < Me ≤ 8,0**	Me > 8,0					
. médiane du fruité	Me > 0	Me > 0							
- couleur					jaune clair	claire jaune à vert		claire jaune à jaune brun	claire jaune à vert
- aspect à 20°C pendant 24 heures					limpide	limpide		limpide	limpide
4.2. Acidité libre % m/m exprimée en acide oléique	≤ 0,8	≤ 2,0	≤ 3,3	> 3,3	≤ 0,3	≤ 1,0	non limitée	≤ 0,3	≤ 1,0
4.3. Indice de peroxyde en milliéquivalents d'oxygène des peroxydes par kg d'huile	≤ 20	≤ 20	≤ 20	non limité	≤ 5	≤ 15	non limité	≤ 5	≤ 15

Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus

	Après 30 jours		Après 45 jours	
	H1	H2	H1	H2
Acidité libre	2.10	1.61	2.43	1.74
Indice de saponification	186.5	192	187	192.2
Indice de peroxyde	4.48	3.2	4.97	4.13
Extinction spécifique	K232	1.839	1.763	1.687
	K270	0.301	0.216	0.221
Chlorophylle	0.61	1.27	0.66	1.30
Caroténoïdes	0.989	2.94	1.05	3.14
Composés phénoliques	70.0	81.67	79.89	93.52
Inhibition de DPPH	47.25	51.75	50.96	62.37

Annexes

Tableau 14 :Caractéristiques physicochimiques de l'huile d'olive (CODEX STAN 33-1981., 2015).

Densité relative	0,910 – 0,916 (20°C/eau à 20°C)
Indice de réfraction	1,4677 – 1,4705 (nd20)
Indice de saponification	1,4677 – 1,4705 (nd20)
Acidité libre	0,3 - 1 % (g d'acide Oléique libre/100g d'huile)
Indice de peroxyde	≤20 - ≤15 (Milliéquivalents d'oxygène actif/kg d'huile)
Absorbance dans l'ultraviolet	≤0,25 (à 270 nm) 2,50 - 2,60 (à 232 nm).
Indice d'iode	75 - 94 (Wijs)

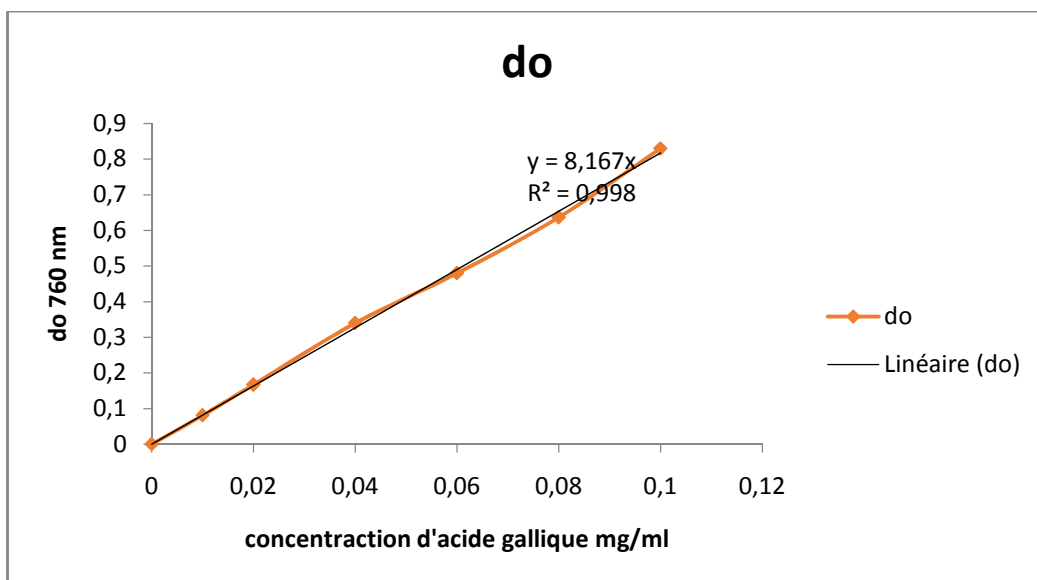


Figure 22 : Courbe d'étalonnage de la concentration d'acide gallique

Résumé

Résumé

Notre étude est basée sur la comparaison entre deux types d'huiles d'olive l'une est extraite industriellement (H1) et l'autre extraite artisanalement (H2), du point de vue organoleptiques et physico-chimiques.

Des analyses organoleptiques ont été réalisées afin de bien déterminer la qualité sensorielle, et faire une différence entre ces deux types d'huile.

Les résultats obtenus nous ont permis de classer nos échantillons de l'huile d'olive en deux catégories, huile d'olive vierge et huile d'olive vierge courante.

L'étude de l'activité antioxydante des polyphénols de ces huiles seules et après imprégnation des figes sèches pendant 30 et 45 jours.

Les résultats d'analyses physico-chimiques nous ont montrés une augmentation de la quantité des polyphénols après les 45 jours de macération des figes sèches noires, dont la quantité la plus élevée a été marquée par l'huile d'olive artisanale que l'huile d'olive moderne.

Abstrac

Our study is based on the comparison between two types of olive oil, one is extracted industrially (H1) and the other extracted artisanally (H2), from the point of view organoleptic and physicochemical.

Organoleptic analyzes were carried out in order to determine the sensory quality and make a difference between these two types of oil.

The results obtained have allowed us to classify our olive oil samples in two categories, virgin olive oil and common virgin olive oil.

The study of the antioxidant activity of the polyphenols of these oils alone and after impregnation of dried figs for 30 and 45 days.

The results of physico-chemical analyzes showed us an increase in the amount of polyphenols after 45 days of maceration of black dried figs, the highest amount of which was marked by the artisanal olive oil that modern olive.

ملخص

تعتمد دراستنا على المقارنة بين نوعين من زيت الزيتون، واحد يتم استخراجه صناعياً (H1) والآخر مستخلص تقليدياً (H2)، من وجهة نظر حسية وفيزيوكيميائية.

أجريت تحاليل حسية من أجل تحديد الجودة الحسية وإحداث فرق بين هذين النوعين من الزيتون. لقد سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بتصنيف عينات زيت الزيتون لدينا في فئتين، زيت الزيتون البكر وزيت الزيتون العادية.

تمت دراسة نشاط مضادات الأكسدة لمادة البوليفينول في هذه الزيوت لوحدها وبعد نقع التين المجفف لمدة 30 و45 يوماً.

أظهرت لنا نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية زيادة في كمية مادة البوليفينول بعد 45 يوماً من نقع التين المجفف الأسود. حيث سجلنا أعلى كمية منه بزيت الزيتون الحرفي مقارنة بكميته في زيت الزيتون الحديث.