

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Béjaïa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de Fin de Cycle

En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
en Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

**Caractérisation physico-chimique de l'huile d'olive
de deux variétés étrangères : *Picholine marocaine*
et *Maurino***

Présenté par :

M^{elle} BEDJAOUI Kenza
M^{elle} BENSALÉM Siham

Membre du Jury :

Présidente : M^{elle} MEKHOUKHE A.
Promotrice : M^{me} LEHOUCHE R.
Co-promotrice : M^{me} AIDLI A.
Examinatrices : M^{me} TAMENDJARI S.
M^r CHIKOUNE A.

Année universitaire : 2011/2012





Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tous puissant de nous avoir accordé santé, courage et foie.

Au terme de ce travail nous tenons à exprimer nos remerciements et nos sincères gratitudes à notre promotrice M^{me} LEHOUCHE Rahima qui a dirigé ce travail et nous a fait bénéficier de son expérience et de ses conseils et à remercier notre co-promotrice M^{me} AIDLI Amel pour les conseils et l'encouragement qu'il nous a prodigué.

Nos remerciements vont également :

A M^{elle} MEKHOUKHE A. pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre jury et à M^{me} TAMENDJARI S. et M^f CHIKOUNE A. d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons particulièrement à remercier vivement :

Monsieur Hejel, le responsable de laboratoire de recherches et de développements du complexe CEVITAL spa.

Monsieur kerkour Ahmed pour les conseils et l'encouragement qu'il nous a prodigué.



*A l'aide de DIEU, le tout puissant
ce travail est achevé, je le dédie à tous
ceux qui me sont très
chers*

*A mes parents, ceux qui j'ai tant aimés
avec beaucoup d'affection et que jamais
je ne saurais m'exprimé quant à
l'éducation qu'ils m'ont prodigué avec
tous les moyens et au prix de tous les
sacrifices qu'ils ont consentis à mon
égard.*

A mon frère adoré Anis.

*A mes adorables sœurs : Amina, Asma,
Siham et Tiziri.*

A toute ma famille de partout du monde.

*A vous, dont le cœur est plein d'amour et
d'amitié : Siham, Assia, Sabrina, Houda,
Kahina, Hayet, Lydia, Nabila, Naima,
Zina.*

*A tous mes camarades de la promotion
2012.*

Kenza

Dédicaces

A mes parents

Pour votre présence et votre soutien durant ces années d'études.

Pour votre dévouement.

Que ce travail soit le témoignage de mon affection et de ma reconnaissance.

A mes sœurs

Pour leur soutien.

A mes frères

Pour leur aide.

A toute ma famille

A mes amies

Kenza, Saby, Nina, Hayet et Houda.



Siham

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Glossaire	
<i>Introduction</i>	1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : De l'olivier à l'huile d'olive

I.1. Taxonomie et origine génétique.....	3
I.2. Origine et propagation de l'olivier	3
I.3. Fructification de l'olivier.....	3
I.4. Technologie d'élaboration de l'huile d'olive	4
I.4.1. Cueillette des olives.....	4
I.4.2. Effeuilage.....	4
I.4.3. Lavage.....	5
I.4.4. Broyage.....	5
I.5.5. Malaxage.....	5
I.4.6. Séparation de la phase huileuse.....	6
I.4.6.1. Procédé discontinu ou système à presse.....	6
I.4.6.2. Procédé continu ou système à centrifugation.....	6
I.5. Production d'huile d'olive à travers le monde.....	7

Chapitre II : Composition et bienfaits de l'huile d'olive

II.1. Composition de l'huile d'olive.....	8
II.1.1. Fraction saponifiable.....	8
II.1.1.1. Acides gras.....	8
II.1.1.2. Triglycérides.....	9
II.1.1.3. Phospholipides.....	9
II.1.2. Fraction insaponifiable.....	10
II.1.2.1. Composés aromatiques.....	10
II.1.2.2. Composés phénoliques.....	11

II.1.2.3. Tocophérols.....	12
II.1.2.4. Stérols.....	13
II.1.2.5. Les hydrocarbures.....	14
II.1.2.6. Les pigments.....	14
II.2. Les bienfaits de l'huile d'olive.....	15

Chapitre III : Qualité de l'huile d'olive

III.1. Définition de l'huile d'olive.....	17
III.2. Catégorie et dénomination de l'huile d'olive.....	17
III.3. Réglementation en vigueur de l'huile d'olive.....	17
III.4. Critères physico-chimiques d'appréciation de la qualité de l'huile d'olive.....	18
III.4.1. Acidité.....	18
III.4.2. Indice de peroxyde	18
III.4.3. Absorbance dans l'UV.....	19
III.5. Propriétés organoleptiques.....	19
III.6. Facteurs déterminant la qualité de l'huile d'olive.....	21
III.6.1. Variabilité génétique entre les cultivars.....	21
III.6.2. Facteurs agronomiques et environnementaux.....	22
III.6.2.1. Zone de culture.....	22
III.6.2.2. Indice de maturité des fruits d'olive.....	23
III.6.2.3. Disponibilité en eau.....	23
III.6.2.4. Etat sanitaire des drupes.....	24
III.6.3. Conditions de stockage des olives.....	24
III.6.4. Aspects technologiques.....	24
III.6.5. Conditions de stockage de l'huile.....	25

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétal.....	26
I.2. Echantillonnage et extraction de l'huile.....	27
I.3. Déterminations sur les olives.....	27
I.3.1. L'indice de maturité.....	27

I.3.2. Poids des olives.....	28
I.3.3.Teneur en eau des olives.....	28
I.4. Déterminations sur l'huile.....	29
I.4.1. Acidité libre.....	29
I.4.2. Indice de peroxyde.....	29
I.4.3. Absorbance dans l'UV.....	30
I.4.4. Détermination du profil en acide gras par chromatographie en phase gazeuse...	31
I.4.5. Dosage des chlorophylles et caroténoïdes	32
I.4.6. Dosage des polyphénols totaux.....	32
I.4.6. Dosage des <i>ortho</i> -diphénols.....	33
I.4.7. Indice d'amertume.....	34
I.5. Etude statistique.....	34
Chapitre II : Résultats et discussion	
II.1. Déterminations sur les olives.....	35
II.1.1. Indice de maturité.....	35
II.1.2. Poids des olives.....	36
II.1.3.Teneur en eau des olives.....	36
II.2. Déterminations sur l'huile.....	38
II.2.1. Acidité libre	38
II.2.2. Indice de peroxyde.....	39
II.2.3. Absorbance dans l'UV.....	40
II.2.4. Détermination du profil en acide gras par chromatographie en phase gazeuse.	41
II.2.5. Les chlorophylles et caroténoïdes.....	43
II.2.6. Polyphénols et <i>ortho</i> -diphénols.....	44
II.2.7. Indice d'amertume.....	46
<i>Conclusion</i>	48

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

AFIDOL : Association Française Interprofessionnelle de l'Olive.

CE: Communauté Européenne.

C E E: Communauté Economique Européenne.

COI: Conseil Oleicol International.

CPG: Chromatographie en Phase Gazeuse.

EPA: Acide Eïcosapentaenoïque.

HDL: Lipoprotéines à haute densité (**H**eigh**D**ensity **L**ipoproteins).

I.T.A.F.V: Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne.

LDL: Lipoprotéines à basse densité (**L**ow **D**ensity **L**ipoproteins).

ppm: partie par million.

rpm: rotation par minute.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Composition en acide gras d'une huile d'olive.	8
II	Les majeures classes des composés phénoliques de l'huile d'olive vierge.	12
III	Structure des tocophérols.	13
IV	Les rôles physiologiques et biologiques de certains composés chimiques de l'huile d'olive.	15
V	Origines et phénotypes multi-caractères des deux variétés d'olivier étudiées.	26
VI	Composition en acide gras exprimée en pourcentage (%) et leurs ratios.	41

Tableau en annexe

Tableau I: Les différentes catégories de l'huile d'olive et leurs critères de qualité.

Tableau II : Les principaux acides gras présents dans l'huile d'olive.

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Fruit de l'olivier.	4
02	Production mondiale d'huile d'olive 2008-2009.	7
03	Structure chimique des composés volatiles majoritaires trouvés dans l'huile d'olive vierge.	10
04	Indice de maturité des d'olives.	35
05	Poids moyen des d'olives.	36
06	Teneur en eau des olives.	37
07	Acidité des échantillons d'huiles.	38
08	Indice de peroxyde des échantillons d'huiles.	39
09	Absorbance spécifique dans l'UV K_{232} , K_{270} des échantillons d'huiles.	40
10	Teneur en chlorophylles et caroténoïdes des échantillons d'huiles.	44
11	Teneur en polyphénols totaux et <i>ortho</i> -diphénols des échantillons d'huiles.	45
12	Indice d'amertume des échantillons d'huiles.	46

Liste des figures en annexes

Figure	Titre
01	Courbes d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques et <i>ortho</i> -diphénols.
02	Chromatogramme des acides gras de l'huile d'olive de la variété <i>Maurino</i> .
03	Chromatogramme des acides gras de l'huile d'olive de la variété <i>Picholine marocaine</i> .

Glossaire

Glossaire

Alzheimer : Maladie neurodégénérative du tissu cérébral qui entraîne la perte progressive et irréversible des fonctions mentales.

Athérosclérose : Perte d'élasticité des artères due à la sclérose provoquée par l'accumulation des corps gras, essentiellement le cholestérol LDL, au niveau d'une des trois couches constituant la paroi des gros et moyens artères (l'intima), ce dépôt se traduit par la formation d'une plaque jaunâtre, qui se nomme « l'athérome ».

Cardiovasculaire : Relatif au cœur et aux vaisseaux sanguins.

Cholestérol HDL : Appelé bon cholestérol, est une lipoprotéine qui ramène le cholestérol au foie.

Cholestérol LDL : Appelé « mauvais cholestérol », est une lipoprotéine qui amène le cholestérol au tissu.

Hypertension : Elévation transitoire ou durable de la pression artérielle systémique à un niveau susceptible d'induire des lésions cardio-vasculaires ou d'autres conséquences néfastes.

Parkinson: Maladie neurologique chronique affectant le système nerveux central.

Radical libre: Espèce chimique possédant un électron non apparié.

Introduction

Introduction

Une fascinante histoire de 5 000 ans, documentée par des légendes, des textes religieux et des vestiges archéologiques, situe l'origine de l'olivier dans les territoires du Moyen-Orient et en décrit l'implantation dans tous les environnements riverains du bassin méditerranéen et dans de nombreuses autres zones adaptées à sa culture (Fouin et Sarfati, 2002).

L'huile d'olive représente une source typique de lipide de régime méditerranéen. Elle est l'une des huiles végétales les plus anciennes et la seule qui peut être consommée sous sa forme brute sans traitement préalable (Boskou, 1996). Ces bienfaits ont été liés l'un ou l'autre à sa composition en acides gras, où l'acide oléique est le composant principal et/ou à la présence des biomolécules mineures, telles que les vitamines et les antioxydants naturels (De Faveri *et al.*, 2008).

L'évolution de la consommation de l'huile d'olive vierge à l'échelle internationale est tributaire de sa qualité. Celle-ci est fondée sur des normes internationales définies par le Conseil Oléicole International. Par ailleurs, les paramètres de qualité et d'authenticité sur lesquels les normes sont fondées se trouvent très influencés par plusieurs facteurs et par leurs interactions, à savoir : la variété (Cavusoglu et Oktar, 1994), l'environnement, les techniques culturales (Cimato, 1990; Detteri et Russo, 1993) l'époque de récolte et les techniques d'extraction (Kiritsakis, 1990; Di Giovacchino, 1996).

En Algérie, l'oléiculture représente la culture fruitière la plus répandue; elle couvre 24% de la surface agricole utilisée soit 234 177 ha répartis notamment sur les zones Est et Centre-Est du pays, en particulier Béjaïa, Tizi Ouzou, Bouira, Bordj-Bouarreridj, Sétif et Jijel, qui représentent ensemble 69% de la superficie totale de l'oléiculture (Anonyme, 2011). Depuis les années 1950, une collection regroupant les principales variétés cultivées dans les pays oléicoles de la méditerranée ont été introduites en Algérie. L'introduction de nouvelles variétés est une stratégie très utilisée dans les pays oléicoles méditerranéens car elle permet d'abrèger les phases préliminaires de l'obtention de nouvelles variétés.

Dans cette perspective, nous nous sommes intéressés à la caractérisation physico-chimique de deux variétés étrangères « *Picholine marocaine* » et « *Maurino* » du moment qu'aucune évaluation des paramètres de qualité et de composition des huiles issues de ces

variétés n'a été entreprise jusqu'à l'heure actuelle en Algérie. Outre la caractérisation variétale, cette étude a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la qualité de nos huiles par le choix de variétés performantes du point de vue de la composition chimique de l'huile pour répondre aux exigences du marché international relatives aux normes commerciales.

Cette présente étude est subdivisée en deux parties :

- Une revue bibliographique aborde des généralités décrivant l'olive et l'olivier dans leur contexte historique, aspect botanique, les différentes modes d'obtention et à la composition de l'huile d'olive avant de terminer sur les paramètres de qualité et les facteurs influençant les caractéristiques de l'huile d'olive.
- Une étude expérimentale est réservée en premier temps à la présentation de l'ensemble des méthodes analytiques mises en œuvre pour la détermination des indices de qualité, des teneurs en pigments et en composés phénoliques et du profil en acides gras, précédée d'un bref point sur la description du mode d'extraction de l'huile et les déterminations sur les fruits d'olive. En dernier temps, une partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus et leur discussion.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : De l'olivier à huile d'olive



I.1. Taxonomie et origine génétique

L'olivier appartient à la famille des *Oleaceas*, genre *Olea*. Le patrimoine variétal comprend plus de 3000 cultivars ayant une diversité phénotypique importante (Barone *et al.*, 1994; Cimato *et al.*, 1997) et génétique (Ouazzani *et al.*, 1995; Belaj *et al.*, 2001).

L'étude de la diversité moléculaire de cultivars et d'oléastres révèle que les cultivars s'apparentent aux oléastres (Besnard *et al.*, 2001). L'olivier et l'oléastre, représentent un très bon exemple de biodiversité, on distingue :

- L'olivier cultivé : *Olea europaea sativa*.
- L'olivier sauvage ou oléastre : *Olea europaea sylvestris* (Ellstrand, 2003).

I.2. Origine et propagation de l'olivier

Olea europaea est une variété domestiquée de l'oléastre, plante endémique de la zone méditerranéenne connue depuis 50 000 ans, arrivée d'Asie en passant par la Grèce antique et le moyen-orient (Syrie, Ougarit, Palestine) (Fouin et Sarfati, 2002), son origine semble être le croissant fertile (Chevalier, 1948). Sa culture a connu une expansion à travers la méditerranée depuis 1200 à 500 ans avant JC au gré des civilisations et des conquêtes. Aujourd'hui, l'olivier est massivement cultivé sur tout le pourtour méditerranéen ainsi qu'en Amérique du Nord (Californie) (Jacotot, 1993).

I.3. Fructification de l'olivier

L'olive est une drupe à peau lisse, à enveloppe charnue renfermant un noyau très dur, osseux, qui contient une graine. Sa forme ovoïde est typique (figure 01). Sa couleur d'abord verte, vire au bleu violacé et au noire à maturité complète, vers octobre-novembre dans l'hémisphère nord. C'est un aliment et source d'une huile alimentaire issue de son enveloppe charnue riche en graisses lors de la trituration des fruits (Paris et Moyse, 1971).

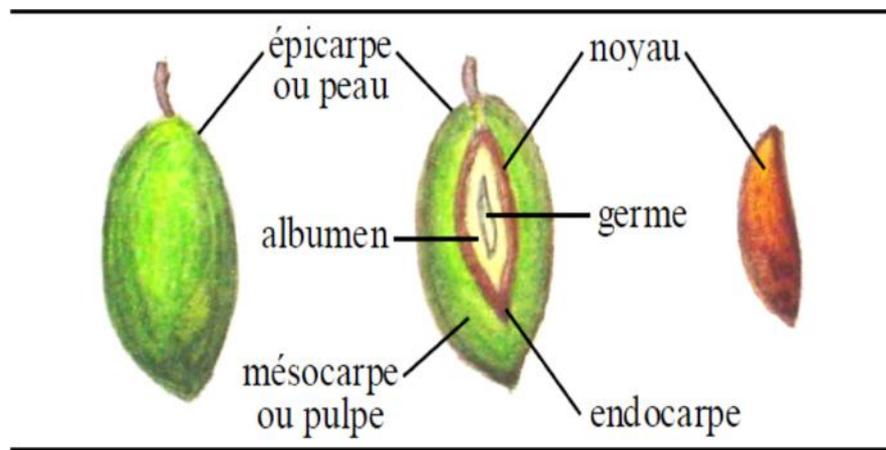


Figure 01 : Le fruit de l'olivier (Amouretti et Comet, 2000).

I.4. Technologie d'élaboration de l'huile d'olive

I.4.1. Cueillette des olives

Les olives destinées à l'huilerie sont cueillies à pleine maturité, assurant un meilleur rendement en huile. Toutefois, elles doivent être cueillies avant que la coloration n'atteigne le noyau, afin d'éviter une acidité de l'huile trop élevée (Argenson, 1999).

La récolte peut s'effectuer manuellement ou mécaniquement. La cueillette à la main est l'opération qui convient le mieux pour obtenir la meilleure qualité de l'huile vierge car les olives sont cueillies sélectivement selon leur degré de maturité (Veillet, 2010).

I.4.2. Effeillage

Quel que soit le mode de cueillette, les olives sont ensuite triées et débarrassées grossièrement des feuilles, brindilles, lichens et de la terre (Argenson, 1999). L'entraînement des feuilles dans les étapes ultérieures communique à l'huile une forte saveur astringente et une teneur plus élevée en chlorophylle ce qui la rendrait plus sensible à l'oxydation (Kiritsakis, 1998).

L'effeuillage des olives peut être effectué manuellement ou à l'aide d'un système rectangulaire en fils de fer ou encore par des machines effeuilleuses-laveuses en même temps (Di Giovacchino, 1991).

I.4.3. Lavage

Il s'agit d'une opération fondamentale pour éviter les problèmes suivants :

- Une interférence des terres avec la couleur et les autres propriétés organoleptiques de l'huile (goût terreux).
- Une baisse du rendement d'extraction, sachant que l'argile accompagnant les olives absorbe près du quart (25%) de leur poids en huile.

A défaut de disposer de laveuse appropriée pour le lavage des olives, ce dernier peut être effectué de manière statique sur une aire cimentée (Kiritsakis, 1998).

I.4.4. Broyage

Le broyage est une opération importante lors de l'extraction de l'huile d'olive vierge, il permet de dilacérer les cellules et libérer la plus grande quantité de l'huile existante dans l'olive (Di Giovacchino, 1999). Beaucoup de concasseurs sont disponibles :

- Broyeur à meule en pierre : le broyeur en pierre est un système discontinu habituellement ouvert à l'air, il tourne à une vitesse de rotation très lente (15 r.p.m). Par conséquent, donnera une huile d'olive plus oxydée (Bianchi, 1999).
- Broyeur métallique : il est utilisé dans le système continu, il tourne à une vitesse de rotation élevée (2800 r.p.m). On distingue des broyeurs métalliques à marteaux, à dents ou à disques, à rouleaux. Ce système est fiable pour l'extraction de l'huile d'olive. Il permet une extraction haute des composés amers et des substances astringentes (Di Giovacchino, 1994; Amirantes *et al.*, 2002).

I.4.5. Malaxage

Le malaxage est conçu pour favoriser la réunion des gouttelettes d'huile en des gouttes plus grosses en les rendant facilement séparables à un stade ultérieur. Il est réalisé dans des malaxeurs à vis ou à pâle pendant une durée de 15 à 40 min, à environ de 28°C. La pâte malaxée est additionnée d'eau tiède (50%). Si la température de la pâte dépasse 28°C pour une durée maximale de 45 minutes, il en résulte la dégradation des composés phénoliques, en effet, l'huile sera faiblement fruitée (DI Giovacchino *et al.*, 1994).

I.4.6. Séparation de la phase huileuse

Une fois la pâte d'olive homogénéisée et la coalescence effectuée, l'étape suivante consiste en la séparation de la phase solide et de la phase liquide. Deux systèmes de séparation des phases sont utilisés: un système de presse et un système de centrifugation horizontale (Argenson, 1999).

I.4.6.1. Procédé discontinu ou système à presse

L'extraction de l'huile est effectuée par des presses hydrauliques où la pâte est placée dans des doubles disques appelés « scourtins » puis pressée. La séparation des deux phases se fait par une simple décantation. Les sous-produits de cette opération sont le grignon brut et le moût (Bianchi, 1999).

I.4.6.2. Procédé continu ou système à centrifugation

Ce procédé est différent du système précédant, l'extraction de l'huile d'olive se fait à travers des phases successives contrairement au procédé discontinu. Les phases liquides et solides sont séparées par centrifugation donnant le grignon et le moût. Le moût subit à son tour une centrifugation pour séparer l'huile des effluents d'huileries d'olive (Argenson, 1999). On distingue deux types de procédé continu :

➤ Procédé continu à deux phases

L'extraction se réalise en une seule étape à l'aide d'un décanteur horizontal à force centrifuge. Le décanteur sépare l'huile et mélange le grignon et les eaux de végétation en une unique phase de consistance pâteuse appelée grignon humide ou grignon à deux phases (Piacquadria *et al.*, 1998).

➤ Procédé continu à trois phases

L'extraction se réalise à deux temps, elle consiste en une séparation des phases solide/liquide (grignon/huile et margine) qui est réalisée par centrifugation à axe horizontal, puis une séparation des phases liquide/liquide (huile/margine) par centrifugation à axe vertical. Les produits résultant de ce processus sont l'huile (93% d'huile, 6% d'eau et 1% de solide), margine (89% d'eau, 10% de solide et 1% d'huile) et grignon (53% d'eau, 3% d'huile et 44% de solide).

Ce système a besoin d'avoir une couche d'eau libre pour faciliter l'extraction de l'huile. L'huile ainsi obtenue contiendra moins d'antioxydants (Papadopoulos et Boskou, 1991).

I.5. Production d'huile d'olive à travers le monde

La production d'huile d'olive est l'un des secteurs les plus traditionnels de l'agriculture dans la région méditerranéenne et il est toujours d'une importance primordiale pour l'économie rurale, pour le patrimoine local et pour l'environnement de la plupart des pays méditerranéens. (EL De Lacroix, 2003), dont ils représentent près de 97% de la production mondiale de l'huile d'olive.

L'Algérie fait partie des pays du pourtour méditerranéen dont le climat est le plus propice à la culture de l'olivier. L'oléiculture algérienne se relève peu à peu mais elle reste cependant marginale. Elle a représentée le 9^{ème} producteur mondial d'huile d'olive avec une production estimée à 35 000 tonnes (1,2% de la production mondiale) pour la campagne 2008-2009 (figure 02).

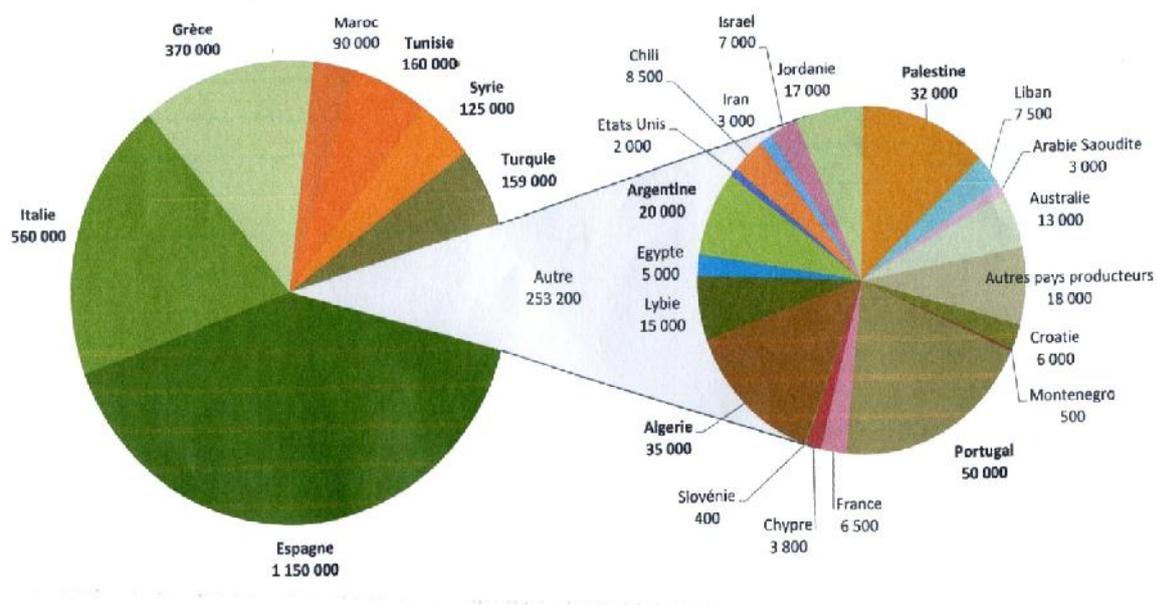


Figure 02: Production mondiale d'huile d'olive 2008-2009 (AFIDOL, 2009).

Chapitre II : Composition et bienfaits de l'huile d'olive



II.1. Composition de l'huile d'olive

A l'égal de toutes les huiles végétales, l'huile d'olive contient un grand nombre de composés structurellement hétérogènes dont les principaux sont les triacylglycérols et en moindre quantité les acides gras libres, les mono et diacylglycerols (Servili *et al.*, 2004). Outre sa richesse en lipides, l'huile d'olive contient près de 250 composés mineurs qui lui confèrent ses qualités organoleptiques et nutritionnelles (Servili et Montedoro, 2002; Servili *et al.*, 2004; Covas *et al.*, 2006).

Par ailleurs, les composés mineurs ont des effets notables sur la stabilité de l'huile au cours de son stockage (Bendini *et al.*, 2007; Baccouri *et al.*, 2008; Nevado *et al.*, 2009).

II.1.1. Fraction saponifiable

II.1.1.1. Acides gras

L'huile d'olive est composée à 98% d'acides gras sous forme de triglycérides. La composition en acide gras est très variable comme elle dépend de plusieurs facteurs (Rayan, 1998). La variabilité en acides gras est relativement importante, mais en moyenne, l'huile d'olive vierge se compose de 14% d'acides gras saturés (AGS), 72% d'acides gras monoinsaturés (AGMI), et 14% d'acides gras polyinsaturés (AGPI) (Harwood, 2000).

Des normes telles que celle du Conseil Oléicole International régulent, cependant, cette variabilité en plaçant des limites hautes et basses sur les proportions de chacun des acides gras (tableau I).

Tableau I : Composition en acide gras d'une huile d'olive (Boskou *et al.*, 2006).

Acide gras	Formule brute	Codex Alimentarius (2003)	COI (2003)
Myristique	C14 :0	0,1	0,05
Palmitique	C16 :0	7,5 - 20,0	7,5 - 20,0
Palmitoléique	C16 :1n-7	0,3 - 3,5	0,3 - 3,5
Heptadécanoïque	C17 :0	0,5	0,3
Heptadécenoïque	C17 :1	0,6	0,3
Stéarique	C18 :0	0,5 - 5,0	0,5 - 5,0
Oléique	C18 :1n-9	55,0 - 83,0	55,0 - 83,0

Linoléique	C18 :2n-6	3,5 - 21,0	3,5 - 21,0
-Linoléique	C18 :3n-3	Non spécifier	1,0
Arachidique	C20 :0	0,8	0,6
Ecosanoïque	C20 :1	Non spécifier	0,4
Béhénique	C22 :0	0,3	0,2
Gadoléique	C22 :1n-9	Non spécifier	Non spécifier
Lignocérique	C24 :0	1,0	0,2

Le principal constituant lipidique de l'huile d'olive est un acide gras monoinsaturé de la famille oméga-9: l'acide oléique qui représente à lui seul près de 55 à 80% des acide gras de cette huile (Codex, 1993; Jacotot, 2001; COI, 2003). Les acides gras polyinsaturés représentent une fraction non négligeable de l'huile et sont majoritairement représentés par l'acide linoléique oméga-6 et des traces de l'acide -linoléique oméga-3, acides gras essentiels, indispensables pour l'organisme. Les acides gras insaturés sont généralement de configuration *cis* mais certains acides gras peuvent présenter une configuration spatiale *trans*, notamment dans les produits issus de transformations industrielles (Judd, 1994).

II.1.1.2. Triglycérides

Ils constituent environ 98% de l'huile d'olive et sont principalement monoinsaturés. Les huiles d'olive sont constituées d'une vingtaine de triglycérides dont cinq sont majoritaires: OOO (trioléine; 27,53-59,34%), POO (palmyldioléine; 12,42-30,57%), LOO (linoléyldioléine; 4,14-17,46 %), POL (palmyl-2-oléo-3- linoléine; 2,69-12,31%) et SOO (stéaryldioléine; 3,17-8,39%) (avec O = acide oléique; L= acide linoléique; P= acide palmitique; S= acide stéarique) (Garcia-Gonzalez *et al.*, 2008).

II.1.1.3. Phospholipides

Les phospholipides sont représentés par la phosphatidylcholine et la phosphatidyléthanolamine, en très faible teneur dans l'huile d'olive (Jacotot, 1993). Leur fonction antioxydante repose sur la capacité de leur groupement amine de chélater les métaux (Velasco et Dobarganes, 2002).

II.1.2. Fraction insaponifiable

II.1.2.1. Composés aromatiques

L'arôme distinctive de l'huile d'olive vierge est attribuée à un large nombre de composés de faible poids moléculaire (figure 03), possédant une volatilité à température ambiante, développés durant et après l'extraction de l'huile du fruit d'olive (Kiritsakis *et al.*, 1998; Vichi *et al.*, 2003).

Ces composés sont majoritairement des produits d'oxydation des acides gras. D'une manière générale, les enzymes endogènes présentes dans l'olive, dégradent les acides gras par des voies de lipoxygénases et ces produits de dégradation sont associés aux perceptions positives des arômes de l'huile d'olive (Venkateshwarlu, 2004).

Cependant, les produits de conversion de certains acides aminés (Angerosa *et al.*, 1998), d'oxydation chimique ou dus à des enzymes exogènes (activité microbienne) sont généralement associés à des sensations défectueuses telle que la rancidité (Aparicio, 1997; Angerosa et Basti, 1999).

Plus de 120 composés volatils contribuent aux propriétés sensorielles positives ou négatives de l'huile d'olive ont été identifiés (Aparicio *et al.*, 2006). On estime que plus de 70 composés contribuent au parfum et au goût particulier de l'huile d'olive. Ils sont répartis en aldéhydes, alcools, esters, hydrocarbures, cétones et furanes.

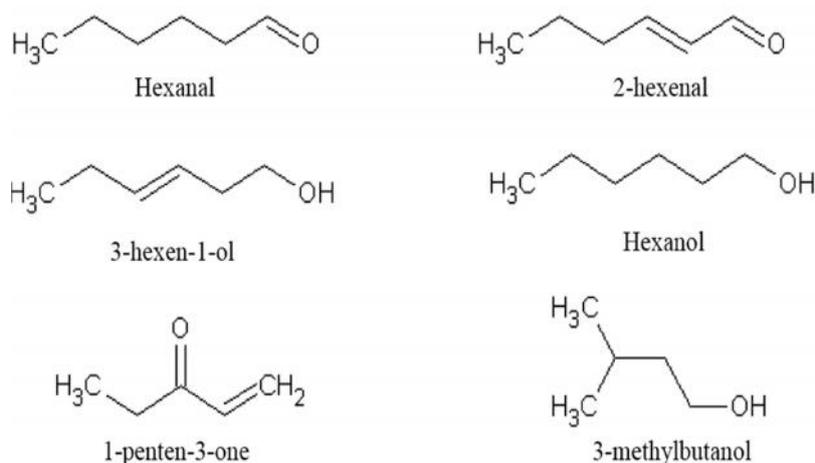


Figure 03: Structure chimique des composés volatiles majoritaires trouvés dans l'huile d'olive vierge (Griffin, 1986).

II.1.2.2. Composés phénoliques

L'huile d'olive vierge renferme particulièrement une quantité assez remarquable en composés phénoliques appartenant à plusieurs classes (Bendini *et al.*, 2007) avec une teneur qui varie de 50 à 1000 mg /Kg (Montedero *et al.*, 1992) où les polyphénols complexes représentent 90% (Tasioula-Margari et Okogeri, 2001).

La fraction phénolique de l'huile d'olive vierge (tableau II) dérive principalement de l'hydrolyse de l'oleuropéine et de ligstroside (Covas, 2006). La famille des secoiridoïdes est la principale fraction phénolique caractérisant les plantes oléacées (Bendini *et al.*, 2007), tandis que les acides phénoliques, les alcools phénoliques, les hydroxy-isochromans et les flavonoides constituent la fraction mineure des composés phénoliques de l'huile d'olive vierge (Brenes *et al.*, 1999; Servili *et al.*, 2004).

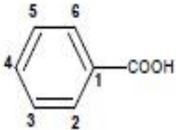
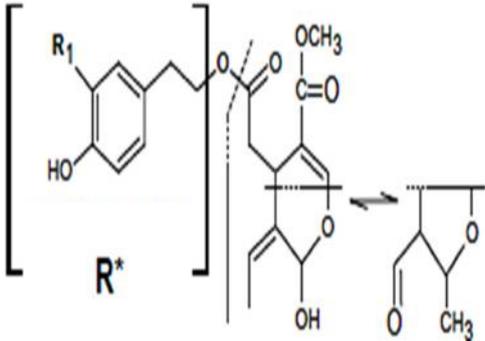
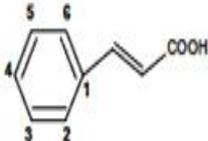
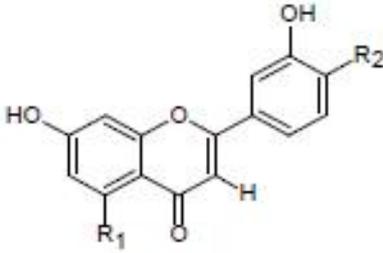
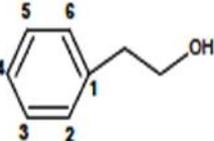
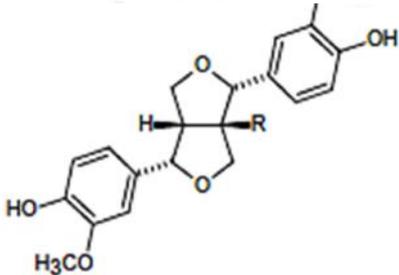
Les polyphénols confèrent une grande stabilité oxydative de l'huile durant le stockage (Bendini *et al.*, 2007). L'hydroxytyrosol et l'oleuropéine sont les principaux composés phénoliques exerçant une activité antioxydante. L'acétate d'hydroxytyrosol montre une capacité plus puissante que celle d'oleuropéine et d'oleuropéine aglycone (Tuck *et al.*, 2002).

En plus de l'activité antioxydante des polyphénols, il est bien connu que les composés phénoliques non volatiles contribuent aux propriétés organoleptiques des huiles d'olive vierges qualifiées d'être amères, piquantes (Cerretani *et al.*, 2008; Esti *et al.*, 2009) et astringentes (Morales et Tsimidou, 2000).

Des études antérieures indiquent que l'intensité de l'amertume de l'huile d'olive vierge est fortement reliée à la présence des formes dialdéhydiques et aldéhydiques d'oleuropéine aglycone et de ligstroside (Gutierrez-Rosales *et al.*, 2003).

Le deacetoxy-ligstroside aglycone est responsable de la sensation piquante perçue dans plusieurs huiles d'olive, en revanche le deacetoxy-oleuropéine aglycone occasionne une sensation piquante très faible (Andrewes *et al.*, 2003).

Tableau II : Les classes majeures des composés phénoliques de l'huile d'olive vierge (Servili *et al.*, 2004; Bendini *et al.*, 2007)

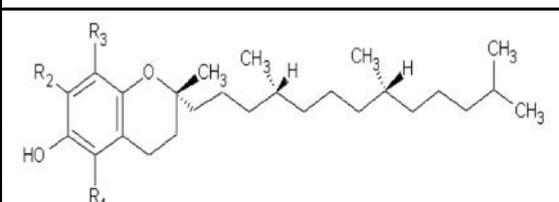
Composé	Structure générale	Composé	Structure générale
Acides benzoïques Acide vanillique Acide syringique Acide gallique Acide hydroxy-benzoïque		Secoiridoïdes Oleupéine aglycone Ligstroside aglycone Oleuropéine Forme dialdehydique d'oleuropéine aglycone	 <p>Acide elenolique (AE) La forme elenolique de AE</p>
Acides cinamiques Acide p-coumarique Acide o-coumarique Acide caféique Acide férulique		Flavonoïdes Apigénine Lutéoline	
Alcools phénoliques Hydroxytyrosol Tyrosol (3,4-Dihydroxyphenyl) éthanol-glucoside		Lignanes (+)-1-Acétoxypinoresinol (+)-Pinoresinol	

II.1.2.3. Tocophérols

Les tocophérols communs de l'huile d'olive sont : α , β et γ tocophérols (Beltrán *et al.*, 2005). La vitamine E est le terme générique utilisé pour désigner les différents tocophérols qui se

distinguent entre eux par le nombre et la position des groupements méthyles fixés sur le noyau aromatique (Le Grusse, 2003). Le tableau ci-après résume la structure des tocophérols.

Tableau III : Structure des tocophérols (Wendy, 1996)

Formule brute	R ₁	R ₂	R ₃	structure
: C ₂₉ H ₅₀ O ₂	CH ₃	CH ₃	CH ₃	
: C ₂₈ H ₄₈ O ₂	CH ₃	H	CH ₃	
: C ₂₈ H ₄₈ O ₂	H	CH ₃	CH ₃	
: C ₂₇ H ₄₆ O ₂	H	H	CH ₃	

La teneur totale en tocophérols dans les huiles d'olive est très variable puis qu'elle a été reportée dans une gamme allant de quelques mg à 450 mg/kg d'huile (Gutierrez, 1999; Boskou, 2006). L'alpha-tocophérol représente à lui seul 90% de la totalité des tocophérols mais on trouve également le bêta et le gamma tocophérol, alors que le delta tocophérol n'est présent qu'à l'état de traces (Psomiadou, 2000).

Les tocophérols exercent en synergie avec d'autres composés phénoliques un effet antioxydant qui attribut à l'huile d'olive sa stabilité oxydative (Carrasco Pancorbo *et al.*, 2004).

Selon Viola (1997), le rapport entre la vitamine E et les acides gras polyinsaturés est meilleur dans l'huile d'olive que dans les autres huiles végétales. Horwitt (1960) et Harris et Embree (1963) suggèrent que le rapport «quantité de -tocophérol/quantité de l'acide linoléique», correspondant à un apport en vitamine E suffisant pour protéger les acides gras polyinsaturés de la peroxydation, est compris entre 0,6 et 0,8 mg/g.

II.1.2.4. Stérols

Les stérols sont un constituant essentiel des membranes cellulaires, ils se trouvent aussi bien chez les animaux que chez les végétaux. La détermination de la composition et la teneur en stérols servent à déterminer le type et l'authenticité de l'huile d'olive (Angerosa *et al.*, 2004; Garcia-Gonzalez *et al.*, 2008).

La quantité totale de stérols dans l'huile d'olive extra vierge varie de 1,13 à 2,65 mg/g. Il sont rencontrés dans l'huile d'olive sous forme libre et estérifiée avec les acides gras. Le bêta-sitostérol est le stérol prédominant dans l'huile d'olive avec un taux variant de 90 à 95% du total.

Le campestérol et le stigmastérol comptent respectivement 3% et 1% du total (Gutierrez *et al.*, 1999). La fraction mineure des stérols regroupe le 5-avénastérol, stigmastérol et le cholestérol. Le triterpène dialcools erythrodiol et l'uvaol sont aussi présents dans l'huile d'olive avec des concentrations allant de 0,01 à 0,2 mg/g (Martinez-Vidal *et al.*, 2007). Les stérols confèrent une certaine stabilité à l'huile (Velasco et Dobarganes, 2002).

II.1.2.5. Les hydrocarbures

Le principal hydrocarbure de l'huile d'olive est le squalène (C₃₀H₅₀), un triterpène qui apparaît dans la voie de la biosynthèse du cholestérol. Il représente 30 à 50 % des constituants mineurs de l'huile d'olive avec une teneur de 3 à 7 mg/g (Assman, 2008). C'est un régénérateur probable de α -tocopherol ce qui implique ainsi une activité antioxydante de ce hydrocarbure polyinsaturé (Manzi *et al.*, 1998). Outre le squalène, l'huile d'olive contient aussi d'autres hydrocarbures, mais en moindres quantités tels que le β -carotène et d'autres à l'état volatil, il s'agit entre autre de phénanthrène, pyrène, fluoranthrène, 1,2 benzanthracène, chrysène et périlène (Angerosa *et al.*, 2004; Garcia-Gonzalez *et al.*, 2008).

II.1.2.6. Les pigments

La couleur allant du vert-jaunâtre à l'or de l'huile d'olive est due essentiellement aux chlorophylles et caroténoïdes présents dans le fruit (Psomiadou et Tsimidou, 2002). La composition et la teneur totale des pigments naturellement présents dans l'huile sont des paramètres importants puis qu'ils sont corrélés à la couleur qui est un attribut de base pour évaluer la qualité d'huile d'olive. Leur contenu dans l'huile d'olive s'étend entre 1 et 20 ppm (Boskou, 1996), la fraction des chlorophylles (1 à 10 ppm) responsable de la couleur verte de l'huile englobe la chlorophylle a et b et les phéophytines (Ryan, 1998).

La chlorophylle est un chlorine (quatre noyaux pyrroles en cercle), chélatant un atome de magnésium au centre ainsi qu'un alcool à longue chaîne, le phytol. C'est la présence dans sa structure de nombreuses doubles liaisons conjuguées qui permet une absorption du rayonnement

lumineux. Les chaînes latérales de chlorine sont variables et ceci entraîne une modification du spectre d'absorption entre les différentes familles de chlorophylles (Rowan, 1989).

Le β -carotène et la lutéine sont les caroténoïdes les plus importants dans l'huile d'olive à raison de 1,0 à 2,7 ppm et 0,9 à 2,3 ppm respectivement (Psomiadou et Tsimidou, 2002).

Les chlorophylles et les caroténoïdes sont des composés considérés également importants pour la conservation de la qualité des huiles comestibles, vu qu'ils sont impliqués dans les mécanismes de l'auto-oxydation et de la photo-oxydation (Oueslati *et al.*, 2009).

II.2. Les bienfaits de l'huile d'olive

L'huile d'olive est un produit ancestral largement reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé humaine. Sa consommation a été associée à une faible incidence de maladies cardiovasculaires, neurologiques et cancéreuses. Ces bienfaits ont été attribués aux éléments nutritifs et fonctionnels que l'on retrouve dans l'huile tels que l'acide linoléique, les vitamines, les antioxydants naturels (Matos *et al.*, 2007). Le tableau ci-après résume les rôles physiologiques et biologiques de certains composés chimiques de l'huile d'olive.

Tableau IV: Rôles physiologiques et biologiques de certains composés chimiques de l'huile d'olive

Composé	Rôle	Référence
Acide oléique	<ul style="list-style-type: none"> - Réduit particulièrement le taux du cholestérol total et le LDL responsable de la formation de l'athérosclérose et augmente le HDL. - Normalise les paramètres membranaires détériorés en cas d'hypertension, en améliorant la fluidité membranaire et l'expression de protéines impliquées dans la régulation de la pression artérielle. 	<p>Perez-Jimenez <i>et al.</i> (2007).</p> <p>Perona <i>et al.</i> (2010).</p>

AGE	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuent significativement le risque de cancer colorectal chez la femme. - Ralentit la prévalence de dépressions nerveuses et la maladie de parkinson. 	<p>Nkondjock et al. (2003).</p> <p>Mercury (2007).</p>
EPA	<ul style="list-style-type: none"> - Améliore la mémoire et donc réduit le risque de maladie d'Alzheimer. 	<p>Taepavarapruk (2010)</p>
Chlorophylles	<ul style="list-style-type: none"> - Accélèrent les processus de cicatrisation. 	<p>Ryan (1998).</p>
Polyphénols	<ul style="list-style-type: none"> - Exercent une activité bactéricide et fongicide. - Réduisent le risque coronarien et normalise la pression sanguine et prévoient l'athérosclérose en agissant comme piègeur de radicaux libres et préservent les LDL de l'oxydation in vitro et leur adhérence aux parois artérielles. 	<p>Yangui <i>et al.</i> (2009).</p> <p>Al-Rewashdeh (2010).</p>
Composés aromatiques	<ul style="list-style-type: none"> - Dotés d'une activité antimicrobienne. 	<p>Jacotot (1993).</p>
Tocophérols	<ul style="list-style-type: none"> - Manifestent une activité vitaminique. - Exercent des effets bénéfiques à l'égard des maladies cardiovasculaires et contre le cancer du poumon, du col de l'utérus et de la prostate. 	<p>Shklaret Oh (2000).</p>

Chapitre III: Qualité de l'huile d'olive



III.1. Définition de l'huile d'olive

L'huile d'olive est l'huile provenant uniquement du fruit de l'olivier (*Olea europaea* L.) à l'exclusion des huiles obtenues par solvant ou par des procédés de ré-estérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (COI, 2001). Elle est commercialisée selon les dénominations ci- après.

III.2. Catégorie et dénomination de l'huile d'olive

Les huiles d'olive vierges propres à la consommation en l'état sont, dans un ordre de qualité décroissant, les huiles «vierge extra», «vierge» et «vierge courante». L'huile d'olive «vierge lampante» impropre à la consommation en l'état, l'huile d'olive raffinée, l'huile de grignons d'olive brute et raffinée ainsi que divers coupages entre ces différentes catégories d'huile (COI, 2001).

III.3. Réglementation en vigueur de l'huile d'olive

L'huile d'olive est prévue pour répondre à certaines normes de base qui la différencient des autres huiles dont la caractérisation physico-chimique constitue l'étape cruciale dans sa classification. Cependant, les critères de sélection ou d'exclusion d'une huile dans une catégorie sont très nombreux vu la diversité des normes internationales qui régissent la qualité de l'huile d'olive. Le suivi de ces différents critères est nécessaire car une dégradation de la qualité de l'huile peut avoir de nombreuses conséquences tant d'un point de vue nutritionnel que d'un point de vue risque sanitaire (Boskou, 1996).

Les critères qualitatifs de l'huile d'olive englobent des caractéristiques physico-chimiques (indice de peroxyde, acidité libre, absorbance dans l'ultraviolet) et organoleptiques (annexe 01). Ils constituent l'ossature de la classification commerciale des huiles d'olive selon la norme du Conseil Oleicol International (COI, 1990) et le règlement de la Commission Européenne (CE 2568/91, 1991). Les autres critères physico-chimiques ont trait à la constitution et aux particularités des différentes fractions de l'huile d'olive. Ils permettent selon la norme du COI, de vérifier la pureté des différentes catégories d'huile d'olive et de mettre en évidence les diverses adultérations (Boskou, 1996).

Par ailleurs, plusieurs auteurs ont proposé d'inclure les phénols comme un bon indicateur de qualité d'huile d'olive (Ranalli *et al.*, 1999; Blekas *et al.*, 2002; Psomiadou *et al.*, 2003). Les normes du Codex Alimentarius (1993) ont établi des critères complémentaires de qualité des différentes catégories d'huile d'olive. Elles incluent des limites suggérées pour les substances volatiles, les impuretés insolubles, les insaponifiables, les métaux, la densité et l'indice de réfraction. Quant au règlement de la CE, il est plus spécifique au sujet de l'évaluation sensorielle.

III.4. Critères physico-chimiques d'appréciation de la qualité de l'huile d'olive

III.4.1. Acidité

L'acidité constitue une caractéristique fondamentale de la qualité de l'huile d'olive (Veillet, 2010). Elle estime la teneur en acides gras libres de l'huile exprimée en pourcentage d'acide oléique. Elle rend compte principalement de l'altération hydrolytique de la matière première suite à une activité enzymatique naturelle et/ou microbienne cette activité induit la libération des acides gras des triacylglycérols ce qui est à l'origine d'une présence anormalement élevée d'acides gras libres donnant à terme des arômes désagréables à l'huile (Jacotot, 1993; Clodoveo *et al.*, 2007). Elle se développe avec des fruits blessés, à la suite de mauvaises conditions de stockage des olives, éventuellement avec des huiles mal préparées (décantation, filtration) (Mordert *et al.*, 1997).

III.4.2. Indice de peroxyde

Il convient bien pour suivre les premiers stades de l'oxydation des lipides en quantifiant à un moment donné, la quantité des peroxydes présents dans l'huile. En effet, les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains pro-oxydants (température élevée, lumière, enzyme, ions métalliques...). Cette autooxydation conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) qui se décomposent ultérieurement en dérivés carbonylés aldéhydes et hydrocétones (responsables de l'odeur de rance) et en divers produits oxygénés (alcools, acides...) (Tanouti *et al.*, 2011).

III.4.3. Absorbance dans l'UV

La détermination des coefficients d'extinction spécifiques dans l'ultraviolet pour une solution d'huile à 1 % apparaît comme un des plus sûrs moyens de caractériser l'état d'oxydation de l'huile d'olive.

Les hydroperoxydes peuvent être appréciés par leur absorption spectrophotométrique dans la zone UV aux environs de 232 nm (Kiritsakis *et al.*, 2002). Ces peroxydes évoluent avec le temps et donnent lieu à la formation de produits divers tels les cétones insaturées et les dicétones qui absorbent dans la zone UV vers 270 nm. Le degré et le stade d'oxydation d'une huile peuvent donc être évalués par des coefficients d'absorption de la lumière dans l'ultraviolet appelés absorbances spécifiques K_{232} et K_{270} (Boskou, 1996).

Signalons que le raffinage des huiles d'olive provoque, par migration des doubles liaisons le long de la chaîne grasse, la formation de systèmes conjugués (triènes conjugués) qui absorbent également à la longueur d'onde de 270 nm. Les systèmes conjugués ont, cependant, un spectre UV qui comporte, en plus de la bande d'absorption à 270 nm, deux autres bandes d'absorption situées respectivement à 266 et à 274 nm; ces dernières sont utilisées pour distinguer l'absorption due aux produits d'oxydation de celle due aux systèmes conjugués (Kiritsakis *et al.*, 2002).

L'indice de peroxyde et les absorbances dans l'UV sont significatifs de l'auto-oxydation de l'huile, ceci pouvant tenir à une matière première de qualité inférieure (olives piquées), un processus de fabrication défectueux, un stockage inadapté ou prolongé (Mordret *et al.*, 1997).

III.5. Propriétés organoleptiques

L'évaluation sensorielle pour l'huile d'olive est une particularité dans le domaine des corps gras alimentaires. Cette évaluation a pour but d'établir les critères nécessaires à la connaissance des caractéristiques de la saveur de l'huile d'olive vierge et de procéder à son classement qualitatif (Mordret, 1999).

Un jury d'experts (sélectionnés, entraînés et placés dans des conditions spécifiques) évalue les caractéristiques organoleptiques d'une huile d'olive. Dans ce contexte chaque sujet doit sentir et déguster pour percevoir les attributs négatifs et positifs de l'huile (Harwood et Apacio, 2000).

Les descripteurs positifs sont le fruité (fruité vert, mûr ou noir), l'amer et le piquant; les principaux défauts sont des goûts aigres, vineux, vinaigrés, acides, âpres, métalliques ou même franchement inadmissibles comme des odeurs de moisi ou de rance (Mordret, 1999).

Selon la méthodologie du COI/T 20/Doc. N° 15/Rév. 2/2007 (méthode de calcul basée sur l'utilisation de la médiane), chaque dégustateur remplit une fiche en attribuant une note pour chaque critère. L'évaluation de la médiane de l'intensité des qualités et des défauts est le résultat final qui constitue l'évaluation objective des caractéristiques organoleptiques de l'huile.

III.6. Facteurs déterminant la qualité de l'huile d'olive

III.6.1. Variabilité génétique entre les cultivars

Plusieurs études ont démontré que la qualité de l'huile d'olive est fortement déterminée par le facteur génétique. Une large gamme de variation a été observée pour tous les acides gras et les composés mineurs évalués par Leon *et al.* (2011).

L'analyse statistique a montré que la variance génotypique était le principal contributeur au total de variance pour tous les acides gras et les ratios évalués, avec des différences significatives entre les génotypes dans tous les cas, par exemple, dans les banques de ressources génétiques de la Catalogne et de Cordoue, Tous *et al.* (2005) et Uceda *et al.* (2005) ont montré que plus de 70% de la variation dans les acides gras à l'exception de C18:3, le contenu en composants mineurs, l'indice d'amertume (K_{225}) ainsi que la stabilité de l'huile est due à des effets génétiques.

Le contenu phénolique, déterminé par photométrie, montre une variation drastique entre les cultivars (Baccouri *et al.*, 2008; Issaoui *et al.*, 2010). En effet, une étude effectuée sur 24 cultivars de la Banque de Córdoba, a montré que la variation des phénols totaux en raison du cultivar peut atteindre 78% et l'effet des années de production a atteint seulement 0,07%, avec une plage de variation de 121 mg d'acide caféique/Kg d'huile à 1240 mg de l'acide caféique/Kg d'huile (Uceda *et al.*, 2005).

De même, les composés phénoliques pourraient constituer un paramètre de discrimination entre les cultivars; par exemple le demethyloleuropéine est présent seulement dans les variétés *Coratina* et *Leccino* parmi huit variétés italiennes (Esti *et al.*, 1998) et dans deux variétés françaises (*Cailletier* et *L11*) parmi 11 cultivars étudiés (Amiot *et al.*, 1989).

Plusieurs études ont rapporté un effet significatif de la variété sur les niveaux de stérols dans l'huile d'olive (Di Terlizzi *et al.*, 2007; Guillaume *et al.*, 2010). Néanmoins, les huiles produites à partir de différents génotypes dans les mêmes conditions ont montré des teneurs en composés volatils rangés entre 9,83 et 35 mg/Kg (Luna *et al.*, 2006), des valeurs allant de 310 à 780 mg de tocophérols /Kg d'huile (Baccouri *et al.*, 2008) et des teneurs en pigments propre à chaque variété (Roca et Minsquera, 2001).

Toutes ces études indiquent que ces métabolites s'accumulent différemment selon le cultivar. En fait, l'accumulation de ces métabolites a une étroite dépendance à l'égard de l'activité enzymatique génétiquement déterminée (Tena *et al.*, 2007).

III.6.2. Facteurs agronomiques et environnementaux

III.6.2.1. Zone de culture

La zone de culture de l'olivier a un effet considérable sur certains traits de qualité de fruits et l'huile correspondante; il semble qu'il y ait un effet de l'interaction génotype-conditions pédo-climatiques (Allalout *et al.*, 2011).

a) Température : certaines études menées dans le bassin méditerranéen sur l'effet des basses températures sur la qualité de l'huile ont montré que lorsque la température atteint 0°C au cours de la maturation des fruits, des dommages du fruit seront occasionnés diminuant ainsi la qualité des huiles (Morello *et al.*, 2006).

b) Altitude : l'effet de l'altitude sur la composition de l'huile d'olive vierge était étudié par Osman *et al.* (1994) et Mousa *et al.* (1996), qui ont conclu que les drupes cultivées à des altitudes basses ont une plus grande teneur en polyphénols que celles cultivées à haute altitude. En outre, Dabbou *et al.* (2010) ont rapporté des différences significatives en composés volatils des huiles d'olive des variétés Sigoises cultivées à différentes altitudes.

c) Type du Sol : l'effet du sol sur le profil phénolique est peu clair, mais certaines relations entre les caractéristiques du sol et la composition de l'huile d'olive vierge ont été présentées (Ranalli *et al.*, 1997). Dans ce contexte, il a été signalé que les huiles de la variété *Moraiollo*, cultivée dans les sols pierreux, produit des huiles dont le contenu phénolique est plus élevé que celui des huiles de la même variété cultivée dans des sols argileux. Selon Pannelli *et al.* (1990) et Servili *et al.* (1990), ce comportement est lié à la disponibilité inférieure en eau des sols pierreux, plutôt qu'à la texture du sol.

III.6.2.2. Indice de maturité des fruits d'olive

Au cours de la période de maturation, plusieurs processus métaboliques prennent lieu dans le fruit induisant la variation des profils de certains composés en fonction du cultivar (Leonardis *et al.*, 2002). Ces changements sont pertinents sur le plan commercial car ils ont un effet significatif sur les caractères sensoriels, la stabilité oxydative et/ou la valeur nutritionnelle de l'huile d'olive (Matos *et al.*, 2007).

Une recherche menée par Baccouri *et al.* (2007) dans le but d'élucider l'effet de la date de récolte sur la composition chimique ainsi que la qualité des huiles d'olive vierges de sept oléacées a conclu que la majorité des paramètres analytiques (indice de peroxyde, absorbance dans l'UV à 270 et 232 nm, biophénols et pigments) décroissent en parallèle avec le mûrissement des fruits, cela est en accord avec ce qui a été rapporté par Matos *et al.* (2007). En revanche, le rendement en l'huile, l'acidité titrable, les concentrations en triglycérides et l'acide linoléique continuent d'augmenter, le même comportement est observé pour d'autres variétés telles que *Arbequina* (Garcia *et al.*, 1996), *Picual* (Gutierrez *et al.*, 1999) et *Correggiolo* (Rotondi et Magli, 2004).

La détermination d'une date optimale de récolte devrait par conséquent être recherchée pour préserver les propriétés organoleptiques de l'huile et empêcher la production d'une huile d'olive de qualité inférieure due à une récolte tardive (Baccouri *et al.*, 2006).

III.6.2.3. Disponibilité en eau

L'olivier réagit favorablement à l'irrigation, le bilan hydrique du sol a une incidence sur les caractéristiques de l'huile. L'irrigation réduit considérablement le phénomène de la chute physiologique et favorise le déroulement normal du processus de maturation (Çavusoglu et Otkar, 1994).

L'huile tirée d'olivettes irriguées présente un rapport acide oléique/acide linoléique variable (Çavusoglu et Otkar, 1994) et un arôme rehaussé par rapport à celle non irriguée (Baccouri *et al.*, 2008). Plusieurs études ont montré que l'augmentation de la quantité d'eau produit des huiles ayant une faible teneur phénolique (Patumi *et al.*, 2002; Gomez-Rico *et al.*, 2007).

III.6.2.4. Etat sanitaire des drupes

Un des principaux ravageurs d'olive dans le bassin méditerranéen est la mouche de l'olive (*Bactrocera olea*). Cet insecte a une influence préjudiciable sur la qualité de l'huile d'olive vierge puisqu'elle affecte la qualité des principaux paramètres (acidité, indice de peroxyde, absorbance dans l'UV, qualité organoleptique) (Cimato, 1990; Evangelisti *et al.*, 1994; Tamendjari *et al.*, 2004). Le degré d'infection par la mouche est négativement corrélé à la teneur en composés phénoliques notamment les *ortho*-diphénols dans l'huile d'olive obtenue en raison de l'auto-oxydation (Gómez-Caravaca *et al.*, 2008; Tamendjari *et al.*, 2009; Mraicha *et al.*, 2010).

III.6.3. Conditions de stockage des olives

Il est recommandé de conserver les olives en couches fines dans des locaux frais et bien aérés et de les triturer dans un délai de deux à trois jours après la récolte (Argenson, 1999) afin de retarder leur processus de fermentation qui provoque à son tour l'augmentation de l'acidité libre, la diminution du contenu phénolique et l'augmentation de la teneur en alcool total ce qui détériore la qualité des huiles produites (Brenes *et al.*, 2001; Servili *et al.*, 2004; Clodoveo *et al.*, 2007).

Les changements de température de conservation des olives favorisent la dégradation de l'huile. En effet, une huile provenant de fruits stockés à 5°C plus de 28 jours conserve les mêmes qualités sensorielles et chimiques initiales qu'une huile extraite immédiatement après la récolte (Caponio *et al.*, 2005; Ben Youssef *et al.*, 2012). En revanche, la qualité de l'huile extraite de fruits stockés pendant sept jours à température ambiante s'avère très inférieure (Ben Youssef *et al.*, 2012).

III.6.4. Aspects technologiques

Le procédé d'extraction a un effet significatif sur la stabilité et la qualité de l'huile. La force de pression utilisée pour la séparation de l'huile et la quantité de l'eau additionnée à la pâte d'olive durant l'extraction s'avèrent des paramètres importants (Ryan *et al.*, 1998, Servili *et al.*, 2004). En effet, il semble que les concasseurs mécaniques sont plus efficaces dans l'extraction des composés phénoliques que les moulins traditionnels en pierre (Caponio *et al.*, 2003) et que la meilleure méthode de trituration est celle qui ajoute le moins d'eau possible du fait que cette eau

dilue les entités hydrophiles et aide à leur élimination dans la phase aqueuse (Di Giovacchino *et al.*, 2000).

Ranalli *et al.* (2001) ont signalé que les niveaux de stérols ainsi que le contenu phénolique dans l'huile d'olive ont tendance, en général, à augmenter à mesure que la température de malaxage augmente. Par ailleurs, Ouaini et ces collaborateurs (2005) estiment qu'une température supérieure à 28°C au cours du broyage et du malaxage a un impact sur la qualité de l'huile. Toutefois, un contact long entre la phase organique contenant l'huile et la phase aqueuse, au cours de la décantation dans les procédés traditionnels conduit à des phénomènes d'oxydation.

III.6.5. Conditions de stockage de l'huile

L'huile d'olive est sujette des modifications au cours de la période de stockage. Une fois l'huile est obtenue, il est important de la stocker à l'abri de la lumière et dans un endroit frais à une température idéale se situant entre 15 et 25°C avec un minimum de contacts avec l'air. Comme il est préférable de conditionnée l'huile dans des récipients en acier inoxydable ou en verre et non en matière en plastique qui peut lui communiquer un mauvais goût (Cossut *et al.*, 2002).

Le stockage et la conservation constituent des facteurs importants pour la qualité de l'huile destinée à la consommation. Les mauvaises conditions de stockage occasionnent une augmentation significative de l'acidité, du K_{232} et du K_{270} (Garcia *et al.*, 1996; Kiritsakis *et al.*, 1998; Clodoveo *et al.*, 2007) et accélèrent la photo-oxydation et l'auto-oxydation de l'huile en réduisant significativement sa teneur en chlorophylles et son contenu phénolique en fin de stockage (Clodoveo *et al.*, 2007).

Partie expérimentale



Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétal

Les variétés retenues pour mener cette étude sont la *Picholine marocaine* et *Maurino* d'origines étrangères implantées à l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (I.T.A.F.V) situé à Takerietz, commune de Souk-Ouefella, Wilaya de Bejaia. L'origine et les phénotypes multi-caractères des deux variétés sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau V : Pays d'origine et phénotypes multi-caractères des deux variétés d'olivier étudiées

Variété	Pays d'origine	Phénotypes multi-caractères
<i>Picholine marocaine</i>	Maroc	<p>Variété à double utilisation, feuilles de forme elliptique-lancéolée, fruit de forme ovoïde, au sommet pointu et base tronquée (Idrissi et Ouazzani, 2009).</p> 
<i>Maurino</i>	Toscane (Italie)	<p>Variété à huile; feuilles de forme lancéolée, de taille moyenne et de couleur gris-vert; fruit est de poids moyenne (3-5 g) de forme ellipsoïdale, au sommet arrondi et base aplatie, légèrement asymétrique, de couleur violet-noir en pleine maturité (Bassi, 2003).</p> 

I.2. Echantillonnage et extraction de l'huile

Les échantillons d'huiles d'olive ont été issus des fruits récoltés manuellement et à hauteur d'Homme sur toute les frondaisons sur le site de l'I.T.A.F.V durant la campagne oléicole 2011/2012.

Après effeuillage et lavage, les olives ont été triturés par un système continu à deux phases à l'aide d'un oléodoseur de type Levi-Dileon-Lerogsame, suivant les étapes citées ci-après :

- ✓ Ecrasement avec un broyeur à marteau.
- ✓ Malaxage réalisé en deux temps successifs dans des bacs à inox :
 - 15 minutes sans eau.
 - 15 minutes après ajout de 50 ml d'eau tiède ($30 \pm 1^\circ\text{C}$) pour 920 g de pâte d'olive.
- ✓ Centrifugation de la pâte à 4845 tours/min via une centrifugeuse vertical à panier.
- ✓ Séparation de l'huile par décantation.

Les échantillons récupérés ont été conservés à 4°C dans des bouteilles en verre en attendant d'être analysés.

I.3. Déterminations sur les olives

I.3.1. L'indice de maturité

- **Principe**

La détermination de l'indice de maturité a été réalisée selon la méthode mise en point par l'Institut National des Recherches Agronomiques de Jean en Espagne en se basant sur un système de ponctuation correspondant à chaque étape de coloration du péricarpe et du mésocarpe (Uceda et Hermoso, 1998).

- **Protocole expérimental**

Cent fruits de chaque variété ont été choisis au hasard sur un lot d'un kilogramme d'olive. L'indice de maturité est déterminé par notation visuelle selon une échelle de coloration de 0 à 7 variant d'une peau verte intense jusqu'à une peau noire et une pulpe entièrement violette (Tovar *et al.*, 2002).

L'indice de maturité est donné par la formule suivante :

$$\text{IM} = [(0 \cdot n_0) + (1 \cdot n_1) + (2 \cdot n_2) + (3 \cdot n_3) + (4 \cdot n_4) + (5 \cdot n_5) + (6 \cdot n_6) + (7 \cdot n_7)] / 100$$

Où n est la fréquence sur cent olives et les chiffres de 0 à 7 représentent :

0 : épiderme vert intense.

1 : épiderme vert jaunissant.

2 : épiderme vert avec des taches rougeâtres.

3 : épiderme rougeâtre à violet.

4 : épiderme noir et pulpe blanche.

5 : épiderme noir et pulpe violette sur moins de la moitié de la pulpe.

6 : épiderme noir et pulpe violette sur plus de la moitié de la pulpe.

7 : épiderme noir et pulpe entièrement violette.

I.3.2. Poids des olives

Le poids des fruits qui permet d'évaluer la grosseur du fruit, a été déterminé par une pesée de 100 fruits frais à l'aide d'une balance de précision de 0,001g (El Antari *et al.*, 2003).

I.3.3. Teneur en eau des olives

- **Principe**

L'humidité des fruits a été déterminée suivant le protocole de Tovar *et al.* (2002) en calculant la différence entre le poids de l'échantillon humide et celui de l'échantillon séché.

- **Protocole expérimental**

Un échantillon de 70 g a été séché à l'étuve à 105°C pendant 48 h, celui-ci a été régulièrement pesé après refroidissement au dessiccateur jusqu'à l'obtention d'un poids constant, le contrôle de la teneur en eau a été déterminée au moyen de la formule ci- après :

$$H\% = [(P - P_S) / (P - P_0)] * 100$$

H : humidité des fruits exprimée en pourcentage.

P et P_S : poids du creuset plus la prise d'essai avant et après séchage, respectivement.

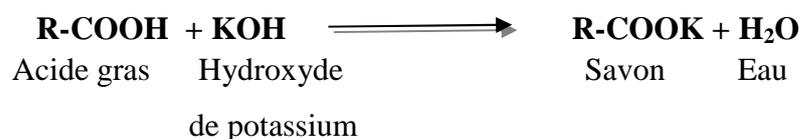
P₀ : poids du creuset vide.

I.4. Déterminations sur l'huile

I.4.1. Acidité libre

- **Principe**

L'acidité d'un corps gras mesure le pourcentage d'acides gras libres contenu dans celui-ci. Elle est déterminée selon la méthode décrite dans le règlement CEE/2568/91. Le principe repose sur la neutralisation des acides gras libres par une solution ethanolique d'hydroxyde de potassium sans hydrolyser les liaisons esters des glycérides, selon la réaction suivante :



- **Protocole expérimental**

Une prise d'essai d'huile de 5g a été dissoute dans 20 ml d'un mélange d'oxyde diéthylique-éthanol à 95% (V/V). Le mélange a été titré en agitant à l'aide d'une solution ethanolique d'hydroxyde de potassium (0,1N) en présence de phénolphtaléine jusqu'à coloration rose persistant une dizaine de secondes. Un essai témoin a été réalisé dans les mêmes conditions.

L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide oléique qui se détermine ainsi :

$$\mathbf{A\% \text{ (acide oléique)} = (V - V_0) * (N * M / 10 * m)}$$

V et V₀ : volume en millilitre de KOH nécessaire à la neutralisation de l'échantillon et le blanc, respectivement.

N : normalité de la solution de KOH (0,1N).

M : masse molaire de l'acide oléique qui est égale à 282 g/ml.

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

I.4.2. Indice de peroxyde

- **Principe**

Il correspond à la quantité d'oxygène actif du peroxyde contenu dans une certaine masse de produit capable d'être libéré dans les conditions de l'expérience. Il est exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par Kg de matière grasse pouvant oxyder l'iodure de potassium en présence d'acide acétique et de chloroforme. L'iode libéré est titré en retour par une solution de thiosulfate de sodium, suivant la réaction :



- **Protocole expérimental**

Selon la méthode décrite dans le règlement CEE/2568/91, un échantillon de 2 g d'huile filtrée a été mis en solution dans 10 ml de chloroforme dans une fiole. 15 ml d'acide acétique et 1 ml d'iodure de potassium (solution aqueuse saturée) ont été rajoutés. La fiole a été ensuite bouchée immédiatement et agitée vigoureusement pendant 1 minute, puis laissée à l'obscurité pendant 5 minutes à température ambiante. 75 ml d'eau distillée ont été ajoutés au mélange. L'iode libéré a été titré après avoir ajouté quelques gouttes d'empois d'amidon (indicateur colorimétrique) par une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0,01N tout en maintenant le mélange en agitation vigoureuse. Parallèlement, un essai à blanc a été effectué de la même façon.

L'indice de peroxyde (IP) se détermine ainsi :

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

V_0 : volume en millilitre de thiosulfate de sodium nécessaire pour titrer le blanc.

V : volume en millilitre de thiosulfate de sodium nécessaire pour titrer l'essai.

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,01 N).

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

I.4.3. Absorbance dans l'UV

- **Principe**

Cette analyse consiste à déterminer les coefficients d'extinction K_{232} et K_{270} calculés à partir de l'absorption à 232 et 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydroperoxydes et des produits secondaires d'oxydation respectivement (Alais *et al.*, 1999).

- **Protocole expérimental**

Le coefficient d'extinction spécifique est déterminé selon la méthode officielle décrite par le COI (1996). Après avoir filtré les échantillons d'huiles via le sulfate de sodium anhydre, une solution à 1% d'huile dans le cyclohexane a été préparée. La lecture s'est faite dans des cuves en quartz de parcours optique de 1 centimètre aux longueurs d'onde de 232 et 270 nm. En employant comme blanc le solvant employé.

Les extinctions spécifiques rapportées aux différentes longueurs d'onde sont calculées comme suit :

$$E = A / C * l$$

E : extinction spécifique à la longueur d'onde .

A : absorbance mesurée à la longueur d'onde .

C : concentration de la solution en gramme par 100 millilitres.

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

I.4.4. Détermination du profil en acides gras par chromatographie en phase gazeuse

Cette analyse à été réalisée au niveau du complexe CEVITAL spa.

➤ **Préparation des esters méthyliques**

• **Principe**

Les acides gras sont analysés après transformation en esters méthyliques obtenus par transestérification des triglycérides par la potasse méthanolique. Les triglycérides sont attaqués par la potasse et les acides gras libérés sont estérifiés par le méthanol.

• **Protocole expérimental**

Les esters méthyliques ont été préparés selon la méthode standard préconisée par l'CE (2002), relative aux corps gras d'origine animale et végétale. Dans un ballon de 50 ml, 0,5 g d'huile ont été dilués dans 5 ml d'une solution d'hexane, 0,5 ml d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium (2N) ont été rajoutés, le mélange a été agité pendant 30 secondes, puis centrifugé à 3000 tours/min, 2 gouttes de surnageant ont été prélevées et mélangées avec 1 ml d'hexane.

➤ **Analyse des esters méthyliques par CPG**

1µl des esters méthyliques est injecté dans un chromatographe en phase gazeuse de type Chrompack C 9002, dont les paramètres de et les conditions opératoires de la méthode d'analyse sont résumés comme suit :

- Détecteur : FID, T = 250° C.

- Injecteur : SPLIT 1/100, T° = 250° C.

- Gaz vecteur : Azote.

- Colonne Capillaire: DB 23 de longueur 30 m, de diamètre intérieur 0,32 mm et d'épaisseur de film 0,25µm.

- Programme de température : $130^{\circ}\text{C} \xrightarrow[1\text{ min}]{6,5^{\circ}\text{C/min}} 170^{\circ}\text{C} \xrightarrow[12\text{ min}]{27,5^{\circ}\text{C/min}} 215^{\circ}\text{C} \xrightarrow[3\text{ min}]{40^{\circ}\text{C/min}} 230^{\circ}\text{C}$

- Température de l'injection 250°C .

- Vitesse du papier : $0,5\text{ cm/min}$.

Les acides gras sont identifiés par comparaison avec le temps de rétention de standards appropriés ainsi que leur teneur est déterminée en calculant les aires des pics correspondants.

I.4.5. Dosage des chlorophylles et caroténoïdes

Les carotènes et les chlorophylles ont été déterminés suivant la méthode décrite par Minguez-Mosquera *et al.* (1991). 3g d'huile ont été dissous dans le cyclohexane et portés à un volume final de 10 ml. Les teneurs des caroténoïdes et chlorophylles ont été déterminées respectivement, par la mesure de l'absorbance à 472 et 670 nm.

Les valeurs des coefficients d'extinction spécifique appliquée étaient $E_0 = 613$ pour la phéophytine, une composante majeure des pigments chlorophylliens, et $E_0 = 2000$ pour la lutéine, un élément majeur des caroténoïdes. Les teneurs en pigments ont été calculées comme suit:

$$\text{Chlorophylle (mg/Kg)} = (A_{670} * 10^6) / (613 * 100 * l)$$

$$\text{Caroténoïde (mg/Kg)} = (A_{470} * 10^6) / (2000 * 100 * l)$$

A : absorbance à la longueur d'onde .

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

I.4.6. Extraction et Dosage des polyphénols totaux

- **Principe**

Les polyphénols totaux sont dosés par le suivi de leur capacité à réduire les acides phosphotungstiques et phosphomolybdiques, contenus dans le réactif de Folin-Ciocalteu en oxydes de tungstène et molybdène (W_8O_{23} et Mo_8O_{23}). Ces derniers présentent une coloration bleutée mesurée à 760 nm proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans les échantillons (Singleton *et al.*, 1999).

- **Protocole expérimental**

- **Extraction**

L'extraction des polyphénols est réalisée suivant le protocole de Favati *et al.* (1994). 1g d'huile filtrée a été dissous dans 10 ml d'hexane. La solution a été introduite dans une colonne d'octadecyle C₁₈, puis lavée avec 2x5 ml d'hexane. La fraction polaire est éluée avec 2x4 ml du méthanol.

- **Dosage**

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée selon la méthode décrite par Favati *et al.* (1994). 5 ml de l'eau distillée ont été ajoutés à 2 ml de l'élué suivi de 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu. Après 3 min d'incubation à température ambiante, le mélange est additionné avec 4 ml de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à 10 %. Le mélange a été porté à un volume final de 20 ml par de l'eau distillée. Après incubation pendant 90 min à l'obscurité, la préparation est filtrée puis analysée à 760 nm contre un blanc dont l'élué est remplacé par le même volume du méthanol.

La concentration en phénols est calculée grâce à une courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide gallique comme standard (20, 35, 45, 55, 65, 75 µg/ml). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents d'acide gallique par Kg d'huile d'olive (annexe 02).

I.4.6. Dosage des *ortho*-diphénols

- **Principe**

Les *ortho*-diphénols réagissent avec le molybdate pour former un complexe jaune. La concentration en *ortho*-diphénols des extraits méthanoliques a été déterminée selon la méthode décrite par Bendini *et al.* (2003) par dosage spectrophotométrique à 370 nm.

- **Protocole expérimental**

0,5 ml de l'élué a été ajouté à 5 ml du mélange méthanol /eau (V/V). Après agitation vigoureuse, 4ml de molybdate d'ammonium tétrahydraté à 5% dans l'éthanol/eau ont été ajoutés (le molybdate de sodium a été remplacé par molybdate d'ammonium tétrahydraté). Après 15 min d'incubation à l'obscurité, la préparation est filtrée. L'absorbance est mesurée à 370 nm contre un blanc dans l'élué a été remplacé par le même volume du méthanol.

La concentration en *ortho*-diphénols est calculée grâce à une courbe d'étalonnage réalisée avec une gamme étalon avec de l'acide caféique(15, 25, 35, 45, 55, 70 µg/ml) et les résultats sont exprimés en mg d'équivalents d'acide caféique par Kg d'huile d'olive (annexe 02).

I.4.7. Indice d'amertume

L'indice d'amertume (K_{225}) a été déterminé par spectrophotométrie à 225 nm selon la méthode décrite par Morello *et al.* (2004). 1g d'huile a été solubilisé dans 4 ml d'hexane. La solution a été introduite dans une colonne d'octadecyle C_{18} préalablement activée (6 ml de méthanol et 10 ml d'hexane), celle-ci est lavée avec 10 ml d'hexane afin d'éliminer tout résidu apolaire. L'élution des composés amers a été réalisée par 25 ml d'un mélange méthanol-eau (1/1 : V/V). L'absorbance est mesurée à 225 nm. Les résultats sont exprimés en termes d'absorbance.

I.5. Etude statistique

Mise à part l'analyse du profil d'acides gras par CPG, chaque analyse a été réalisée en trois reprises et les résultats représentent la moyenne des trois mesures. Les données ainsi obtenues à partir des deux variétés étudiées sont comparées à l'aide du test de Student avec le logiciel SRATISTICA 5.5. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité $p < 0,05$.

Chapitre II: Résultats et discussion

II.1. Déterminations sur les olives

II.1.1. Indice de maturité

L'indice de maturité est spécifique pour chaque variété et constitue un indicateur de maturité des fruits. En effet, ce paramètre augmente au cours du temps (Boukachabine *et al.*, 2011).

Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que la *Picholine marocaine* a un indice de maturité de 3,3 relativement élevé par rapport à celui de la variété *Maurino* qui est de 2,91 (figure 04) dont la différence est significative ($p < 0,05$).

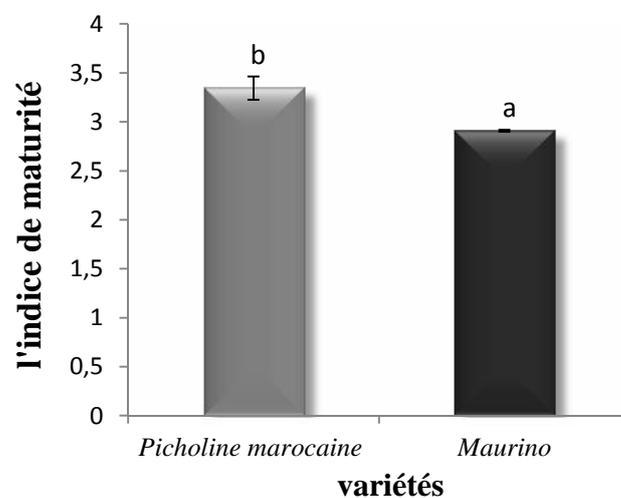


Figure 04 : Indice de maturité des d'olives.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

Malgré que la date de récolte de la variété *Picholine marocaine* était plus avancée d'une semaine que celle de la variété *Maurino*, elle montre une valeur plus élevée de cet indice. Ceci montre que la vitesse d'entrée en maturité est plus rapide chez cette variété. D'après Idrissi et Ouazzani (2009) c'est une variété précoce.

La variation des valeurs d'indice de maturité est justifiée d'abord par l'effet variétal et par la variation des charges des oliviers entre les vergers. En effet, avec la charge des arbres, il se produit une grande compétition entre les fruits dont résultent les faibles valeurs de l'indice de maturité au moment de la récolte (Cimato, 1990).

II.1.2. Poids des olives

Le poids moyen des fruits a été fortement influencé par le cultivar (Figure 05). Ce paramètre montre une variation très significative ($p < 0,05$). Le poids du fruit de la variété *Maurino* représente près de 50 % de celui de la variété *Picholine marocaine*.

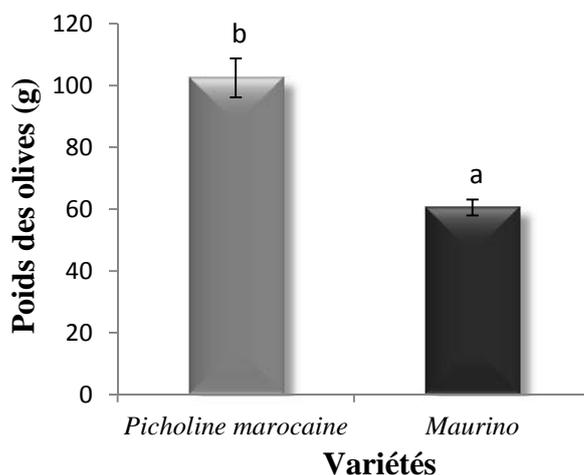


Figure 05 : Poids moyen des d'olives.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

En se référant aux différentes classes variétales établies selon leurs poids de fruits par Abaza *et al.* (2002), on peut classer la *Picholine marocaine* et *Maurino* comme étant des variétés à poids moyen (2,4g) et faible (1,21g), respectivement.

La différence constatée au niveau du poids moyen des fruits est liée principalement à l'héritage génétique de chaque variété, qui a une incidence significative sur ce paramètre (Cimato, 1990). Les conditions culturales peuvent également intervenir en modifiant ce paramètre jusqu'à une certaine limite sans modifier les caractéristiques variétales d'origine (Cimato, 1990; Michelakis, 1995).

II.1.3. Teneur en eau des olives

Les teneurs en eau des fruits révèle une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux variétés (figure 06). La *Picholine marocaine* enregistre une teneur moyenne en eau de 44,03% tandis que celle de la variété *Maurino* est de 58,29%.

En général, une humidité des olives de l'ordre de 50% à 55% favorise le bon déroulement des réactions biochimiques qui s'y produisent. Elles traduisent un bon apport hydrique pendant tout le cycle de maturation (Sanchez-Casas *et al.*, 1999).

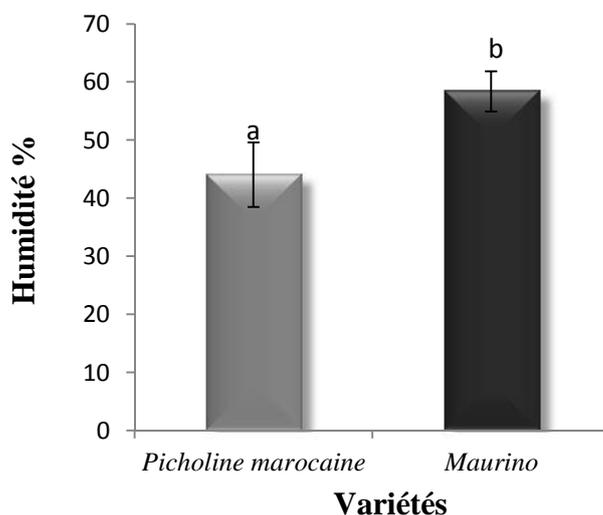


Figure 06 : Teneur en eau des olives.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$)

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

La différence significative en humidité des deux variétés ne peut être attribuée aux conditions environnementales car les olives proviennent de la même région, mais peut être justifiée par l'effet de maturation qui est d'après Cimato (1990) réduit l'humidité des fruits de manière significative le long de la date de récolte, ce qui coïncide avec nos résultats où les olives de la *Picholine marocaine* avec un degré de maturité plus élevé étaient moins humides de ceux de la variété *Maurino*. Par ailleurs ces fluctuations de valeurs peuvent être reliées au processus métabolique qui pourrait survenir à l'intérieur des fruits qui est d'après Leonardi *et al.* (2002) caractéristique pour chaque variété.

I.2. Déterminations sur l'huile

I.2.1. Acidité libre

L'acidité libre permet de contrôler le niveau de dégradation hydrolytique, enzymatique ou chimique, des chaînes d'acides gras des triglycérides (Abaza *et al.*, 2002). Ceci est à l'origine d'acides gras libres et de glycérides partiels (mono et diglycérides).

Les résultats d'analyse d'acidité des deux huiles d'olive sont présentés sur la figure 07 avec une différence significative entre les deux variétés ($p < 0,05$). On constate, que les pourcentages de l'acidité des huiles des deux variétés sont largement inférieurs aux limites de la catégorie extra vierge établies par le COI (2003) et qui est de 0,8%.

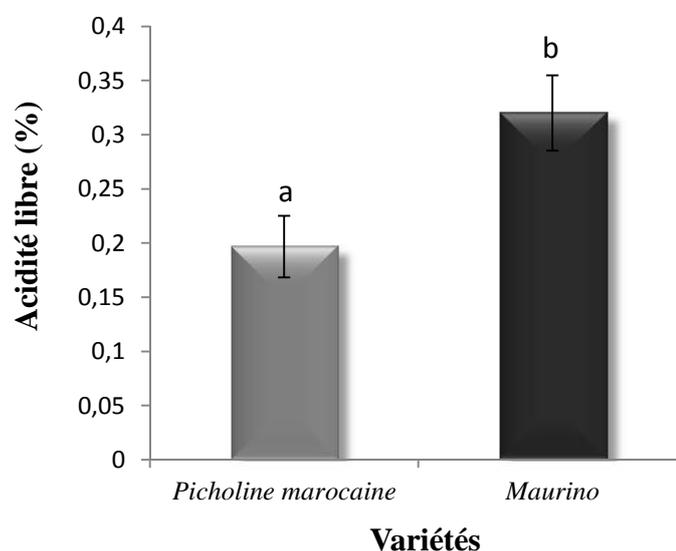


Figure 07 : Acidité des échantillons d'huiles.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

La *Picholine marocaine* s'avère la variété la plus intéressante, malgré son état de maturité avancée, elle donne une huile moins acide (0,19 %) que celle de la variété *Maurino* (0,32%).

Ces faibles acidités traduisent une faible hydrolyse durant l'extraction et le stockage de l'huile. Elles sont une conséquence directe d'une récolte à la main et une extraction immédiate sans procéder au stockage des olives. D'après Ajana *et al.* (1999), dans de telles conditions, l'acidité ne doit pas dépasser 0,5 %, ce qui est le cas pour nos huiles.

I.2.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est utilisé en tant que révélateur de la détérioration d'huile par oxydation (Barone *et al.*, 1994). Il est également utilisé pour surveiller tout problème de production, qui se produit après la récolte et pendant le traitement (Kiritsaki & Markakis, 1984).

Les résultats rapportés dans la figure montrent que l'indice de peroxyde a été fortement influencé par la variété d'olive (figure 08), car des différences significatives ont été enregistrées ($p < 0,05$). Les valeurs d'indice de peroxyde obtenues pour les deux variétés d'olive sont maintenues au dessous de la limite fixée par la norme du COI (2003) pour la catégorie d'huile d'olive extra vierge (20 meq O_2 / Kg d'huile).

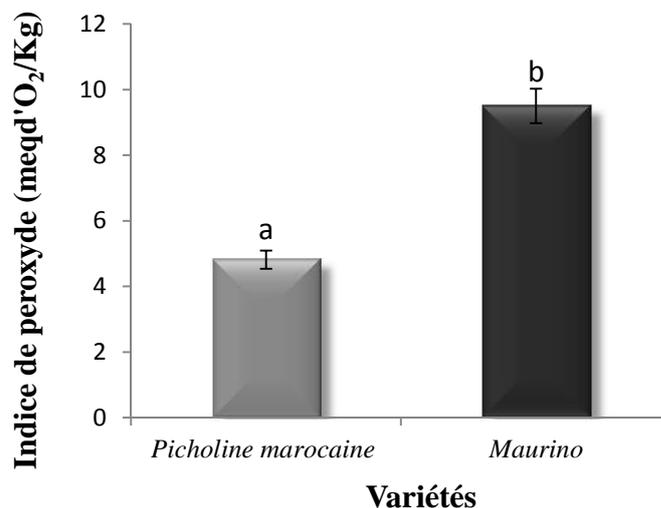


Figure 08: Indice de peroxyde des échantillons d'huiles.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

La *Picholine marocaine* présente un indice de peroxyde largement plus faible (4,81) que celui de *Maurino* (9,49); significatif à la présence des hydroperoxydes. Ces composés sont relativement instables et indicateurs des premiers stades de l'oxydation, catalysée principalement par l'action conjointe de l'oxygène, de la température et de la lumière.

Les basses valeurs de l'indice de peroxyde montrent que les huiles ont été extraites rapidement après la récolte des olives et qu'elles ont été stockées dans des bonnes conditions. Elles permettent de penser que l'huile ne s'oxyde pas prématurément et se conservera au cours du temps.

II .2.3. Absorbance dans l'UV

L'analyse des résultats des absorbances spécifiques (K_{232} , K_{270}) montrent une différence significative ($p < 0,05$) entre les huiles des deux cultivars (figure 09). La variété *Maurino* représente un coefficient K_{232} (2,85) plus élevé que celui enregistré pour la variété *Picholine marocaine* (2,47). Ce qui coïncide avec les résultats obtenus pour l'indice de peroxyde. Il est à noter que la valeur de K_{232} de la variété *Maurino* dépasse la limite établie par le COI (2003) pour une huile d'olive extra vierge qui est $< 2,5$.

Quant au coefficient K_{270} , les valeurs sont de 0,14 et 0,2 pour les variétés *Maurino* et la *Picholine marocaine*, respectivement. Ces valeurs sont inférieures à la limite fixée par la norme du COI (2003) et qui est de 0,22.

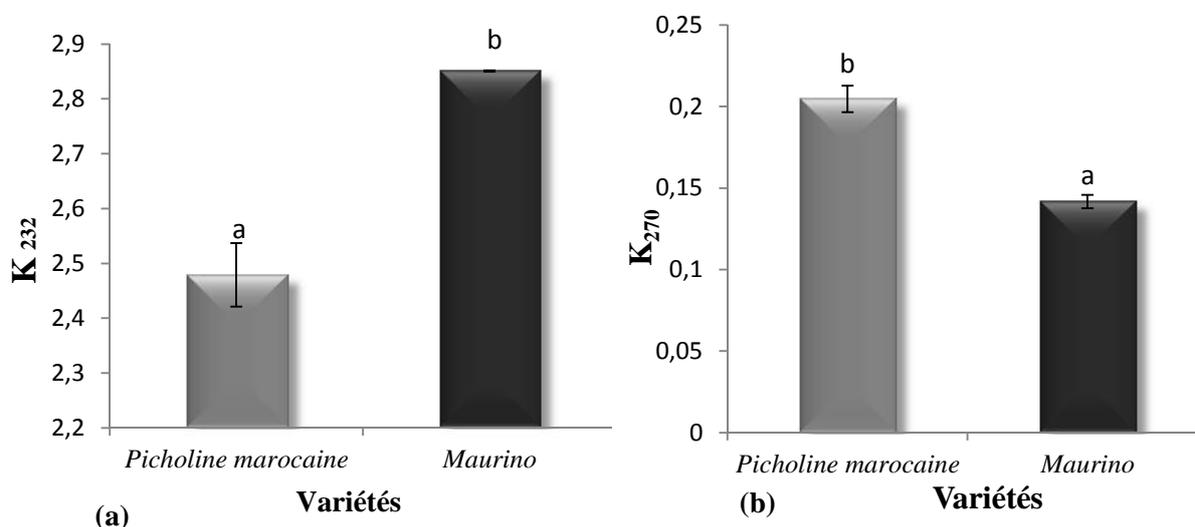


Figure 09: Absorbance dans l'UV K_{232} (a), K_{270} (b) des échantillons d'huiles.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

Dans les mêmes conditions de stockage, la variété *Picholine marocaine* semble être la plus vulnérable à l'oxydation que la variété *Maurino* qui montre un coefficient K_{270} plus faible. Cette variation de stabilité peut être alors justifiée par la dissimilitude des caractéristiques intrinsèques en terme de composition chimique de chaque variété. D'après Baldioli *et al* (1996), la stabilité des huiles est bien corrélée avec la composition et la teneur des prooxydants et des antioxydants naturels présents dans l'huile.

La valeur élevée du coefficient K_{270} de la variété *Picholine marocaine* est relative à une progression d'oxydation de l'huile conduisant à la formation des composés non radicalaire et des diènes conjugués.

Cette oxydation peut être reliée aux conditions inadaptées du stockage. En fait, Ranalli et Angerosa (1996) et Kiritsakis (1998) ont rapporté que l'origine du cultivar n'avait aucune influence significative sur ces paramètres analytiques qui sont essentiellement affectée par les facteurs qui causent des dommages aux fruits (attaque par la mouche d'olive, mauvais systèmes de récolte, le transport et le stockage inadaptés des olives).

Les huiles d'olive produites à partir des variétés faisant l'objet de cette étude présentent des valeurs des indices de qualité (acidité, indice de peroxyde et coefficients d'extinctions dans l'UV) inférieurs aux limites établies par le COI (2003) pour une huile d'olive extra vierge, ce qui nous permet de classer ces huiles d'olive dans la catégorie extra vierge.

Il est à noter que la valeur du coefficient d'extinction spécifique K_{232} de la variété *Maurino* est supérieure à celle fixée par le COI et qui est $< 2,5$.

II.2.4. Détermination du profil en acides gras par chromatographie en phase gazeuse

Les résultats obtenus sur les deux échantillons montrent que la composition en acides gras des huiles d'olive analysées est variable (tableau VII). Cependant, les pourcentages de l'acide oléique, de l'acide palmitique et de l'acide linoléique sont prédominants, suivi des acides stéarique, linoléique et arachidique.

Tableau VI : Composition en acide gras exprimée en pourcentage (%) et leurs ratios

		<i>Picholine marocaine</i>	<i>Maurino</i>
Acide palmitique	(C16:0)	14,77	16,40
Acide stéarique	(C18:0)	3,25	1,99
Acide oléique	(C18:1)	66,75	68,36
Acide linoléique	(C18:2)	12,99	10,95
Acide linoléique	(C18:3)	1,03	0,79
Acide arachidique	(C20:0)	0,43	Non détecté
Acide gras saturé	(AGS)	18,02	18,39
Acide gras insaturé	(AGI)	80,77	80,10
Acide gras polyinsaturé	(AGPI)	14,02	11,74
AGI/AGS		4,48	4,35
AGMI/AGPI		4,76	5,82
C18:1/C18:2		5,13	6,24

A défaut de l'acide palmitoléique qui n'était pas quantifié (manque de molécule de référence), les huiles des deux variétés étudiées présentent des teneurs en acide gras répondant aux normes établies par le COI (2003) (annexe 04) pour les huiles d'olives extra vierges, exception faite pour l'acide linoléique de la variété *Picholine marocaine* qui dépasse légèrement la limite supérieure tolérée qui est de 1%. Cependant, la même remarque est notée dans une étude sur plusieurs variétés italiennes : *Leccino*, *Nociara* et *Ogliarola salentina*, qui montre que la moyenne de cet acide est de 1,2% (Dettori et Russo, 1993), ce qui nécessite de réaliser des révisions régulières concernant cette norme qui ne reflète pas la réalité des limites supérieures que peuvent atteindre les variétés dans le bassin méditerranéen.

➤ Les acides gras majoritaires

L'acide oléique est l'acide gras dominant de la composition des deux échantillons d'huiles, il dépasse les 66% du taux des acides gras totaux. Ce taux est moyennement classé dans la gamme des huiles d'olive extra vierges (55% à 83%). La teneur en cet acide montre une similitude pour les deux variétés avec une légère supériorité (1,61%) marquée pour la variété *Maurino*. Cette variation peut être expliquée par les différents degrés de maturité des deux variétés. En effet, l'acide oléique montre une diminution avec la progression du processus de maturation (Lavee et Wodner, 1995).

Le pourcentage de l'acide linoléique paraît plus important comparativement à l'acide linoléique, ce qui est de même pour l'acide palmitique comparativement aux autres acides gras saturés. Le pourcentage en acide linoléique de la variété *Picholine marocaine* (12,99%) est plus élevé que celui de la variété *Maurino* (10,95%). En revanche, celui de l'acide palmitique est plus faible pour la variété *Picholine marocaine*. D'après Cimato (1990), la récolte tardive favorise l'augmentation du taux des acides gras insaturés, notamment l'acide linoléique, au dépend de l'acide palmitique.

➤ Les acides gras minoritaires

On note une richesse de la *Picholine marocaine* en acides stéarique et linoléique. La valeur de ce dernier est nettement supérieure en comparaison avec la variété *Maurino* et d'autres variétés italiennes étudiées par Ranalli *et al.* (2000).

L'huile d'olive de la *Picholine marocaine* se distingue de celle de *Maurino* par la présence d'acide arachidique, c'est un indicateur variétal. D'après Fiorino et Grifi (1991), les acides stéarique, palmitoléique, heptadécénoïque et arachidique peuvent être utilisés pour la distinction variétale.

➤ Les différentes classes d'acide gras

Un autre facteur intéressant pour la distinction entre les variétés est de considérer les proportions des différentes classes d'acides gras. D'après le tableau, on note que la *Picholine marocaine* est la variété la moins monoinsaturée et la plus polyinsaturée. Ce qui justifie la constatation antérieure concernant l'instabilité oxydative de cette variété par rapport à la variété *Maurino*.

Le rapport acide oléique/acide linoléique le plus élevé est celui de la variété *Maurino* (6,24 contre 5,13 pour la *Picholine marocaine*). D'après Gutiérrez *et al.* (1999), il existe une relation inversement proportionnelle entre l'acide oléique et l'acide linoléique, ceci peut être expliqué par la présence de l'enzyme l'oléate desaturase qui transforme l'acide oléique en acide linoléique au cours de la maturation.

La lecture du chromatogramme du profil en acides gras révèle l'absence totale d'acide gras sous forme *trans*, les acides gras insaturés sont à l'origine entièrement sous la forme *cis* et ne montrent pas des composés à un degré de double ou de triple liaisons conjuguées.

Comparant nos résultats à ceux obtenus par Boukachabine *et al.* (2011) et Bassi (2003), on constate que les teneurs en acides gras principalement l'acide oléique, linoléique et palmétique varient selon l'origine géographique. En effet, les huiles d'olive de la *Picholine marocaine* et *Maurino* en provenance de leur origine montrent des teneurs en acide oléique de 76,99% et 77,48%, linoléique de 9,00% et 5,23% et palmitique de 8,7% et 12,70%, respectivement.

Nous constatons à travers ces résultats que la composition en acides gras varie avec l'origine de l'huile, ce qui est en accord avec Ranalli *et al.* (2000) et Ben Temmime *et al.* (2006). De plus, il a été montré que d'autres facteurs affectent la composition en acide gras et spécialement la teneur en acide oléique, à savoir la variété, l'altitude, les conditions climatiques et le stade de maturation du fruit à la récolte (Ranalli *et al.*, 1997; Aranda *et al.*, 2003).

II.2.5. Les chlorophylles et caroténoïdes

Les résultats de l'analyse de la variance des teneurs en chlorophylles et caroténoïdes, des huiles d'olives analysées montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux variétés avec la dominance des pigments chlorophylliens (figure 10).

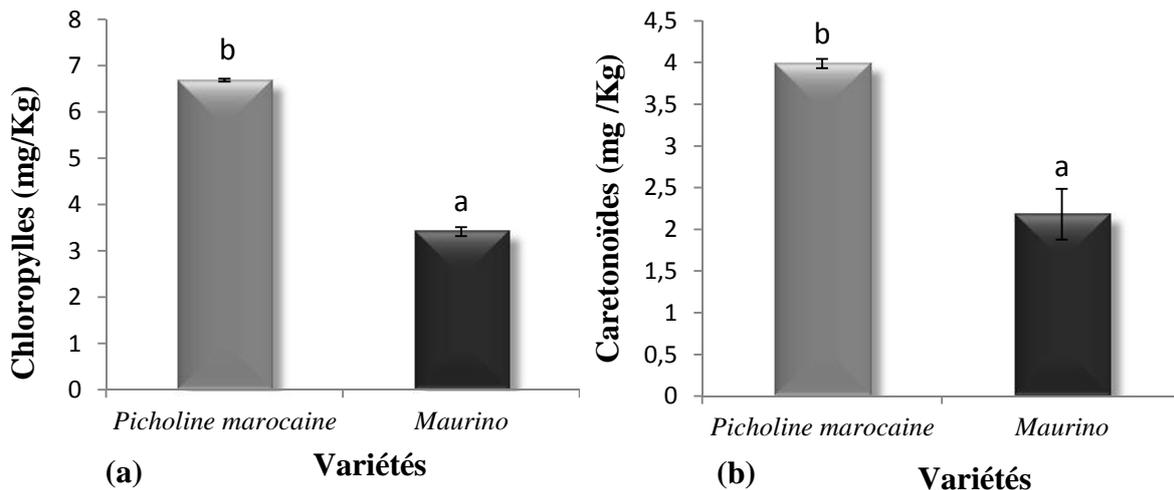


Figure 10 : Teneur en chlorophylles (a) et caroténoïdes (b) des échantillons d'huiles.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

L'huile de la variété *Picholine marocaine* se distingue de l'huile de *Maurino* par une coloration verdâtre plus intense. En effet, la variété *Maurino* enregistre une teneur en chlorophylle (3,41 mg/Kg) faiblement située dans la gamme définie par la norme COI (1999) pour les huiles d'olives extra vierges qui est de 1 à 10 mg/Kg. Cependant la variété *Picholine marocaine* montre une richesse en ce pigment (6,68 mg/Kg). D'après Sanelli (1981), l'huile d'olive particulièrement riche en chlorophylles est plus sensible à l'oxydation.

Quant aux caroténoïdes, la variété *Maurino* et la *Picholine marocaine* présentent une teneur de 2,18 et 3,98 mg/Kg, respectivement.

Selon Minguez *et al.* (1990), les teneurs en chlorophylles et caroténoïdes varient en fonction du cultivar. Par ailleurs, Loussert et Brousse (1978) ont signalé que la teneur en chlorophylle a tendance de diminuer avec la progression de la maturation, en effet, d'autres composés se forment, en l'occurrence les anthocyanes. Cependant, l'intensité de cette diminution reste selon Leonardi *et al.* (2002) fortement dépendante du métabolisme caractéristique de chaque variété.

II.2.6. Les polyphénols et *ortho*-diphénols

Les résultats obtenus présentés sur la figure 11 montrent que le contenu en polyphénols totaux et *ortho*-diphénols des huiles d'olive analysées varie fortement d'une variété à une autre. Des différences significatives ont été enregistrées ($p < 0,05$).

On remarque que les teneurs les plus importantes pour les polyphénols totaux et les *ortho*-diphénols sont celles correspondantes à la *Picholine marocaine* dont les valeurs sont en ordre respectif de 375,97 et 97,22 mg/Kg. Elles sont environ 3 fois plus élevées que celles enregistrées pour la variété *Maurino* qui montre des valeurs de 118,91 et 31,62 mg/Kg pour les polyphénols totaux et *ortho*-diphénols, respectivement.

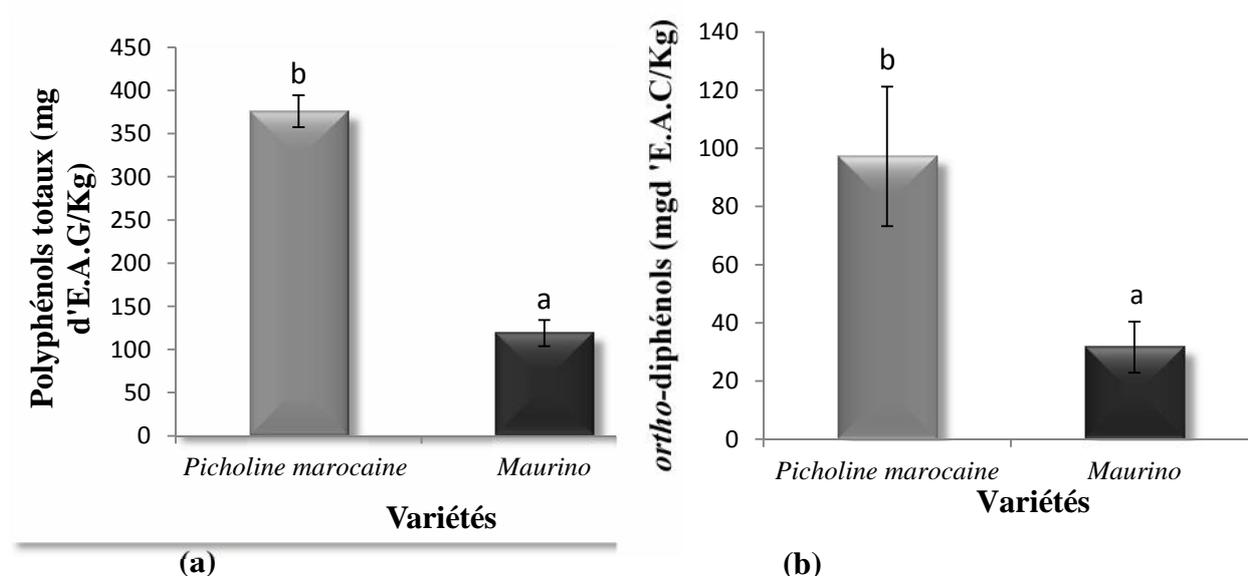


Figure 11: Teneur en polyphénols totaux (a) et *ortho*-diphénols (b) des échantillons d'huiles.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

Malgré que la teneur révélée pour la *Picholine marocaine* en polyphénols totaux est appréciable, elle reste, cependant, moyennement située dans la fourchette des teneurs en polyphénols des huiles d'olive vierges (50 à 1000 mg/Kg) établie par Montedero *et al.* (1992). Cette teneur est largement supérieure à celle rapportée dans les travaux de Boukachabine *et al.* (2011) qui est estimée à 101 mg/Kg pour cette variété cultivée au Maroc. Alors que la teneur en polyphénols de *Maurino* (118,91 mg /Kg) est proche de celle rapportée par Bassi (2003) qui est de 181 mg/Kg pour la même variété cultivée en Italie.

La variation des teneurs en polyphénols semble être liée au profil variétal et à la zone géographique oléicole. Généralement, les huiles d'oliviers situés en altitude se montrent plus riches en phénols que celles des oliviers des plaines (Ocakoglu, 2008). Des différences en contenu phénolique ont été également constatées par rapport à l'époque de la récolte,

conditions climatiques et les procédés technologiques utilisés pour séparer la phase aqueuse de la phase huileuse (Kayel *et al.*, 1994).

II.2.7. Indice d'amertume

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence significative entre les variétés testées concernant cet indice ($p < 0,05$) (figure 12).

D'après les résultats obtenus, on constate que les variétés *Picholine marocaine* et *Maurino* présentent respectivement des indices d'amertume de 2,07 et 1,69 relativement élevés en comparaison avec ceux d'autres huiles d'olive vierge italiennes qui sont généralement de l'ordre de 0,1 à 0,5 tel qu'il a été rapporté dans les travaux de Dettori et Russo, (1993). Ces variétés pourraient offrir alors plus d'attribut positif.

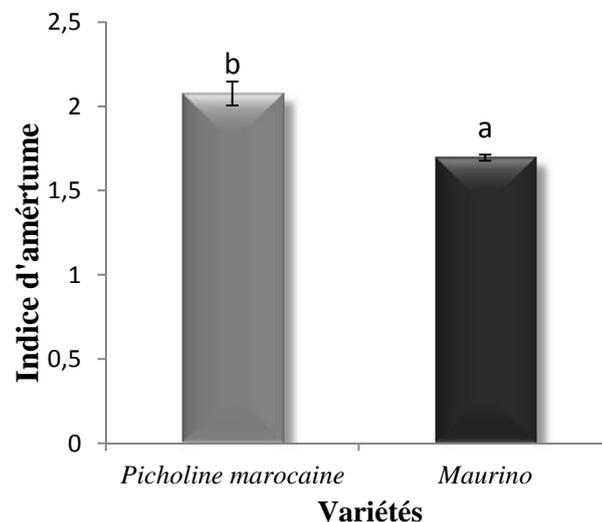


Figure 12 : Indice d'amertume des échantillons d'huiles.

* Les valeurs portant les différentes lettres présentent une différence significative ($p < 0,05$).

*Les barres verticales représentent les écarts types avec $a < b$.

L'huile de la *Picholine marocaine* présente une amertume plus prononcée; ceci est tributaire à sa teneur plus élevée en composés phénoliques comparativement à la variété *Maurino*. D'après Morello *et al.* (2006), il existe une corrélation positive entre cette amertume et la teneur en composés phénoliques totaux (0,75) et entre cet indice et les teneurs en *ortho*-diphénols (0,77). En effet, les composés phénoliques sont les principaux composés responsables de l'amertume de l'huile d'olive. Selon Barra (1998), le goût amer de l'huile d'olive est attribué à l'oleuropéine glucoside et ses aglycones et aux acides phénoliques.

L'intensité de l'indice d'amertume est liée à l'activité de certaines enzymes notamment les glucosidases et les estérases responsables de l'hydrolyse de l'oleuropéine durant l'extraction de l'huile d'olive et qui augmente aussi au cours de la maturation des olives (Baccouri *et al.*, 2008).

Conclusion

Conclusion

Ce travail nous a permis de déterminer quelques paramètres de qualité et la composition chimique de l'huile d'olive de deux variétés: *Picholine marocaine* et *Maurino*. Au terme de cette étude, les résultats obtenus peuvent être synthétisés comme suit :

➤ En comparant les résultats de la détermination sur les olives des deux variétés étudiées, on distingue la variété *Picholine marocaine* qui présente une entrée en maturation plus rapide. Le poids de 100 fruits nous a permis de distinguer nettement entre ces deux variétés où la *Picholine marocaine* et *Maurino* sont classées dans un ordre respectif en tant que variétés à poids moyen et faible.

➤ Tenant compte de la classification de l'huile d'olive par le COI (2003), il est clair que les valeurs des paramètres de qualité enregistrés pour les deux variétés correspondent à la catégorie des huiles extra vierges.

➤ Les deux variétés révèlent une composition au niveau des acides gras majoritaires pratiquement similaire, cependant, elles se distinguent qualitativement et quantitativement au niveau des acides gras minoritaires. On retient essentiellement la présence de l'acide arachidique et les proportions plus élevées notamment des acides stéarique et linoléique caractérisant la *Picholine marocaine*.

➤ L'huile d'olive de la *Picholine marocaine* se caractérise par une amertume prononcée et par des teneurs appréciables en composés phénoliques et *ortho*-diphénols. Quant à la variété *Maurino*, les résultats montrent un faible taux en composés phénoliques pour cette variété.

➤ La quantification des pigments permet de caractériser le cultivar *Picholine marocaine* par des teneurs élevées en chlorophylles et caroténoïdes et le cultivar *Maurino* par des teneurs faibles en ces pigments.

D'après l'ensemble des résultats obtenus, nous pouvons conclure que la distinction entre les variétés étudiées subit surtout une influence d'ordre génomique. La variété *Picholine marocaine* est dotée de caractères désirables touchant la qualité d'huile. Ce qui laisse penser que l'huile de cette variété peut servir pour des coupages éventuels avec les huiles des autres variétés afin d'améliorer leurs compositions. Afin de valoriser l'oléiculture algérienne, il semblerait intéressant pour valoriser notre oléiculture de prendre en considération cette variété pour les nouvelles plantations d'oliviers ou pour le remplacement des vieilles oliveraies.

Références bibliographiques

A

- Abaza L., Msallem M., Daoud D. et Zarrouk M. 2002.** Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes. *John Libbey Eurotext, OCL*, 9 (2): 174-9.
- Ajana H., EL Antari A. et Hafidi A. 1999.** Evolution of biometric parameters and chemical composition of olives from *Moroccan Picholine* variety fruit ripeness. *Grasas y Aceites*, 50 (1): 1-16.
- Alais C., Linden G. et Miclo L. 1999.** Lipides. In : *Biochimie alimentaire*. Ed Dunod, 51-71.
- Allalout A., Krichène D., Methenni K., Taamalli A., Daoud D. et Zarrouk M. 2011.** Behavior of super-intensive spanish and greek olive cultivars grown in northern Tunisia. *Journal of Food Biochemistry*, 35:27-43.
- Al-Rewashdeh A. 2010.** Blood lipid profile, oxidation and pressure of men and women consumed olive oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (1): 15-26.
- Amiot M. J., Fleuriet A. et Macheix J. J. 1989.** Accumulation of oleuropein derivatives during maturation. *Phytochemistry*, 28:67-69.
- Amirante P., Dugo G. et Gomez T. 2002.** Influence of technological innovation in improving the quality of extra virgin olive oil. *Olivae*, 93 :34-42.
- Amourettim C. et Comet G. 2000.** Le livre de l'olivier. Edisud, 191.
- Andrewes P., Busch J.L.H.C., Joode T., Groenewegen A. et Alexandre H. 2003.** Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxy-ligstroside aglycon as a key contributor to pungency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:1415-1420.
- Angerosa F., Basti C., et Vito R. 1999.** Virgin olive oil volatile compounds from lipoxigenase pathway and characterization of some Italian cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (3):836-839.
- Angerosa F. 2002.** Influence of volatile compounds on virgin olive oil quality evaluated by analytical approaches and sensor panels. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:639-660.
- Angerosa F., Servili M., Selvaggini R., Taticchi A., Esposto S. et Montedoro G. 2004.** Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1054:17-31.

Aparicio R., Morales MT. et Alonso V. 1997. Authentication of European virgin olive oils by their chemical compounds, sensory attributes and consumers' attitudes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:1076-1085.

Argenson C. 1999. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL), *L'olivier*, 204.

Aranda F., Gómez-Alonso S., Rivera dellamo R.M., Salvador M.D. et Fregapane G. 2003. Triglyceride, total and 2-position fatty acid composition of *Cornicabra* virgin olive oil: Comparison with other Spanish cultivars. *Food Chemistry*, 86: 485-492.

B

Baccouri B., Temime S.B., Campeol E., Cioni P.L., Daoud D. et Zarrouk M. 2006.

Application of solid-phase microextraction to the analysis of volatile compounds in virgin olive oils from five new cultivars. *Food Chemistry*, 102:850-856.

Baccouri B., Ben Temime S., Taamalli W., Daoud D., Msallem M. et . Zarrouk M. 2007. Analytical characteristics of virgin olive oil from two new varieties obtained by controlled crossing on Meski variety. *Journal of Food and Lipids*, 14:19-34.

Baccouri O., Guerfel M., Baccouri B. et Cerretani L. 2008. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, 109: 743-754.

Barone E., Di Marco L., Motisi A. et Caruso T. 1994. The Sicilian olive germplasm and its characterization by using statistical methods. *Acta Horticulturae*, 356:66-69.

Bassi D. 2003. Il germoplasma dell'olivo in Lombardia descrizione varietale e caratteristiche degli oli. *Quaderni della ricerca*, 25:70-71.

Belaj A., Trujillo I., De la Rosa R. et Rallo, L. 2001. Polymorphism and Discrimination Capacity of Randomly Amplified Polymorphic Markers in an Olive Germplasm Bank. *Journal of the American Society Horticultural Science*, 126(1): 64-71.

Beltrán G., Aguilera MP., Del Rio C., Sanchez S. et Martinez L. 2005. Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chemistry*, 89: 207-215.

- Bendini A., Bonoli M., Cerroni L., Bigguzi B., Lercker G. et Toschi T.G. 2003.** Liquid-liquid and solide-phase extractions of phenols from virgin olives oil and their separation by chromatographic and electrophoretic methods. *Journal of Chromatography A*, 985:425-433.
- Bendini A., Cerretani L., Carrasco-Pancorbo A., Gómez-Caravaca A.M., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. et Lercker G. 2007.** Phenolic molecules in virgin olive oils: a survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade. *Molecules*, 12:1679-1719.
- Berra B. 1998.** Les composants mineurs de l'huile d'olive: aspects biochimiques et nutritionnels. *Olivea*, 73:29-30.
- Besnard G., Baradat P. et Bervillé A. 2001.** Genetic relationships in the olive (*Olea europaea L.*) reflect multilocal selection of cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 102:251-258.
- Ben Temine S., Taamalli W., Baccouri B., Abaza L., Daoud D. et Zarouk M. 2006.** Changes in olive oil quality of *Chétoui* variety according to origin and plantation. *Journal of Food Lipids*, 13:88-99.
- Ben Youssef N., Ouni Y., Dabbech N., Baccouri B., Abdely C. et Zarrouk .2012.** Effect of olive storage period at two different temperatures on oil quality of two tunisian cultivars of *Olea europea*, *Chemlali* and *Chétoui*. *African Journal of Biotechnology*, 11(4):888-895.
- Bianchi . 1999.** Extraction Systems and olive oil. *OCL*, 6: 49 - 55.
- Blekas G. Psomiadou E. Tsimidou M. et Boskou D. 2002.** On the importance of the total polar phenols to monitor the stability of greek virgin olive oil. *European Journal of Lipids Science and Technology*, 104(6): 340-346.
- Boscou D. 1996.** Olive oil: chemistry and technology. Champaign Illinois. *American oil chemists Society*, 69:552-556.
- Boskou D. 2006.** Olive Oil, Chemistry and Technology, *AOACS Press, Champaign*.
- Boukachabine N., Ajana H. et El Antari A. 2011.** A study of fatty acid and triglycerides oils composition and quality parameters of five autochthon olive varieties in Morocco. *Lebanese Science Journal*, 1 (2): 45-63.

Brenes M., Garcia A., Garcia P., Rios J.J. et Garrido A. 1999. Phenolic compounds in Spanish olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (9):3535-3540.

Burton G. W. et 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*, 19:194-201.

C

Caponio F., Gomes T., Summo C. et Pasqualone A. 2003. Influence of the type of olive-crusher used on the quality of extra virgin olive oils. *European Journal of Lipids Science Technologie*, 105: 201-206.

Caponino F., Bilancia M.T. Pasqualone A. Sikorska E. et Gomes T. 2005. Influence of exposure to light of extra virgin olive oil quality during storage. *European Journal of Lipids Science and Technology*, 221:92-98.

Carrasco-Pancorbo A., Gómez-Caravaca A. M., Cerretani L., Bendini A., Segura-Carretero A. et Fernández-Gutiérrez A. 2006. Rapid quantification of the phenolic fraction of spanish virgin olive oils by capillary electrophoresis with UV detection. *Journal Agricultural and Food chemistry*, 54: 7984-7991.

Cavusoglu A. et Otkar A. 1994. Les effets des facteurs agronomiques et des conditions de stockage avant la mouture sur la qualité de l'huile d'olive. *Olivae*, 52 :18-24.

Communauté Economique Européenne. 1991. Règlement (CEE) N°2568/91 de la commission du 11 juillet 1991 .Relatif aux caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférent : 27-30

Cerretani L., M Salvador, A Bendini. et G Fregapane, 2008. Relationship between sensory evaluation performed by Italian and Spanish official panels and volatile and phenolic profiles of virgin olive oil. *Chemosensory Perception*, 1: 258-267.

Chevalier A. 1948. L'origine de l'olivier cultivé et ses variations. *Revue Internationale de Botanique d'Agriculture Tropicale*, 28:1-25.

Cimato, A. 1990. Effect of agronomic factors on virgin olive oil quality. *Olivae*, 31: 20-31.

Cimato A., Cantini C., Sani G. et Marranci M. 1997. Il germoplasma dell'olivo i Toscana Regione. *Toscana-CNR-A.R.S.I.A.*

Clodoveo M., Delcuratolo D., Gomes T. et Colelli G .2007. Effet de la différentes températures et atmosphères de stockage sur *Coratina* huile d'olive qualité. *Food Chemistry*, 102: 571-576.

Codex Alimentarius. 1993. Norme Révisée pour les Huiles d'Olive, CL 1993/15-FO.

Conseil Oléicole International. 1990. Activités de coopération Technique. *Olivea* 38.

Conseil Oléicole International. 1996. Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet. T20/Doc 19 6 juin 1996, *Madrid. Espagne.*

Conseil Oléicole International. 1999. Normes commerciale internationale applicable aux huiles d'olives et aux huiles de grignons d'olive .T15/NC n°2.Rév.9.

Conseil Oléicole International, 2001(a). Le marché mondial des huiles d'olive : pour augmenter la consommation d'un soutien promotionnel est nécessaire. *Olivae*, 87: 22-24

Conseil Oléicole International. 2001. Préparation des esters méthyliques d'acides gras de l'huile d'olive et de l'huile de grignons d'olive COI/T.20/Doc. N° 24.

Conseil Oléicole International.2003.Classification des huiles d'olive. Normes internationales applicables à l'huile d'olive et à l'huile de grignon d'olive. Conseil Oléicole International.

Conseil Oléicole International. 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. Septembre 2007.

Cossut J., Defrenne B., Desmedt C., Ferroul S., Garnet S., Humbert S., Roelstraete

L., Vanexeem M. et Vidal D. 2002. Les corps gras : Entre Tradition et Modernité. Projet en Gestion de la qualité Nutritionnelle et Marketing des produits alimentaires. 139p.

Covas MI ., De la torre K. et Farre-Albaladejo M. 2006. Postprandial LDL phenolic content and LDL oxidation are modulated by olive oil phenolic compounds in humans. *Free Rad Biol Med* ,40:608-616.

D

Dabbou S., Sifi S., Rjiba I., Esposto S., Taticchi A., Servili M., Montedoro G.F. et Hammami M. 2010. Effect of pedoclimatic conditions on the chemical composition of the sigoise olive cultivar. *Chemistry and Biodiversity*, 7: 898-908.

De Faveri D., Aliakbarian B., Avogadro M., Perego P. et Converti A. 2008. Amélioration d'huile d'olive composés phénoliques contenus par le biais de formulations enzymatiques:

Biochemical Engineering Journal, 41: 149-156.

Detteri S. et Russo G. 1993. Influenza della cultivar e del regime idrico su quantità e qualità dell'olio di oliva. *Olivae*, 49:36-43.

Di Giovacchino L. 1991. L'extraction de l'huile d'olive par le système de la pression, de la centrifugation et de la percolation: incidence des techniques d'extraction sur les rendements en huile. *Olivae*, 36:14-40.

Di Giovacchino L., Solinas M. et Miccoli M. 1994. Effect of extraction systems on the quality of virgin olive oil. *Journal American of Chemistry*, 71:11:52-63.

Di Giovacchino L. 1996. Influence of extraction system on olive oil quality. *Olivae*, 63:52-63.

Di Giovacchino, L., Harwood J L. et Aparicio R. 2000. Technological aspects. In handbook of olive oil - analysis and properties, *Aspen Publication*, 8342 :1633-7.

Di Giovacchino L., Sestili S. et Di Vincenzo, D. 2002. Influence of olive processing on virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:587-601.

Di Terlizzi B., Dragotta A. et Jamal M. 2007. Syrian national strategic plan for olive oil quality: Final report Bari: CIHEAM-IAMB. Options Méditerranéennes: Serie A. Séminaires Méditerranéens, 73:322.

E

E.C. 2002. Regulation n°769 of 6 May 2006 on change EC-Regulation .2568/91.Official J.L.128/815/05/02.2002. Bruxelles.

El Antari A., El Moudni H., Ajana H. et Cert A. 2003. Etude de la composition lipidique de deux compartiments du fruit d'olive (pulpe et amande) de six variétés d'oliviers cultivées au Maroc. *Olivae*, 98 :20-28.

EL De Lacroix, 2003. The olive oil sector in the European Union European Commission, *Directorate-General for Agriculture*, pp. 6.

Ellstrand NC. 2003. Dangerous liaisons, When cultivated plants mate with their wild relatives. In: Schneider SS, ed. *Synthesis in ecology and evolution*. Baltimore; London: *The Johns Hopkins University Press*.

Esti M., Cinquanta L. et La Notte E. 1998. Phenolic compounds in different olive varieties. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 46:32-35.

Esti M., Contini M., Moneta E. et Sinesio F. 2009. Phenolic compounds and temporal perception of bitterness and pungency in extra virgin olive oils: Changes occurring throughout storage. *Food Chemistry*, 113: 1095-1100.

F

Favati F., Caporale G. et Bertuccioli M. 1994. Rapid determination of phenol content in extra virgin olive oil. *Grasas Y Aceites*, 45 :68-70.

Fouin J. et Sarfati C. 2002. Le guide des huiles d'olive. *Editions du Rouergue*. 335p.

Fiorino P. et Grifi F. 1991. Maturation des olives et valorisations de certains composants de l'huile. *Olivae*, 35: 25-33.

G

Garcia J.M., Gutiérrez F., Castellano J.M., Perdiguero S., Morilla A. et Albi M.A. 1996. Influence of storage temperature on fruit ripening and olive oil quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 264-267.

Garcia-Gonzalez D.L., Aparicio-Rui R. et Aparicio R. 2008. Virgin olive oil-chemical implications on quality and health. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110:1-6.

Gomez-Caravaca A. M., Cerretani L., Bendini A. et Segura-Carretero A. 2008. Effects of fly attack (*Bactrocera oleae*) on the phenolic profile and selected chemical parameters of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 56: 4577-4583.

Gomez-Rico A., Salvador M. D., Moriana A. et Perez D. 2007. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chemistry*, 100: 568-578.

Griffin, Rodger W. 1986. Modern organic chemistry. Singapore: *McGraw-Hil, Inc.*

Guillaume C., Ravetti L. et Johnson J. 2010. Sterols in Australian olive oils: The effects of technological and biological factors. *Rural Industries and Development*, 10-73.

Gutierrez F., Jimenez B., Ruiz A. et Albi M. A. 1999. Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties picual and hojiblanca and on the different components involved. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 121-127.

Gutierrez-Rosales F., Riaos J.J. et Gomez-Rey M.L. 2003. Main polyphenols in the bitter taste of virgin olive oil. structural confirmation by on-line high-performance liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:6021-6025.

H

Harris P.L. et Embree N.D. 1963. Quantitative consideration of the effect of polyunsaturated fatty acid content of the diet upon the requirements for vitamin E. *American Journal of Clinical Nutrition*, 13 : 385-392.

Horwitt M.K. 1960. Vitamin E and lipid metabolism in man. *American Journal of Clinical Nutrition*, 8 : 451-461.

Harwood J. L. et Aparicio R. 2000. Handbook of olive oil : analysis and properties. *Gaithersburg Maryland, USA: Aspen publications, Inc. 620 pages.*

I

Idrissi A. et Ouzzani N. 2009. Apport des descripteurs morphologiques à l'inventaire et à l'identification des variétés d'olivier (*Olea europaea* L.) Copyright *Bioversity International - FAO*. All rights reserved. Published in Issue, 136: 1-10.

Issaoui M., Flamini G., Brahmi F. et Dabbou S. 2010. Effect of the growing area conditions on differentiation between *Chemlali* and *Chetoui* olive oils. *Food Chemistry*, 119:220-225.

J

Jacotot B. 1993. L'huile d'olive, de la gastronomie à la santé. *Editions Artulen*, 224p.

Jacotot B. 2001. Intérêt nutritionnel de l'huile d'olive. *Olivæ*, 86: 27-29.

Judd J. T., Clevidence B. A., Muesing R. A., Wittes J., Sunkin M. E. et Podczasy J. J. 1994. Dietary trans fatty acids: effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59 (4) :861-888.

K

Kayel H., Mtiba H., Khlif M. et Cossentini M. 1994. Light catalytic effect on olive oil oxidation. Summary in the proceeding of Technical Meeting of Working Groups 1 and 4, Plant Material and Oil Technology and Quality. Cordoba (Spain), 14-16.

Kiritsakis A. et Markakis. 1984. Effect of olive collection regime on olive oil quality. *Journal of Science and Food Agricultural*, 35:677-680.

Kiritsakis AK. 1990. Chemistry of olive oil. *American Oil Chemists' Society*, 25-55.

Kiritsakis A. K. 1998. Flavor components of olive oil - a review. *American Oil Chemists' Society*, 75(6): 673-681.

Kritsakis A., Kanavouras A. et Kritsakis K. 2002. Chemical analysis, quality control and packaging issues of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:628-638.

Kohno Y., Egawa Y., Itoh S., Nagaoka S., Takahashi M. et Mukai K. 1995. Kinetic study of quenching reaction of singlet oxygen and scavenging reaction of free radicals by squalene in nbutanol. *Biochima et Biophysica Acta*, 1256 : 52-56.

L

Lavee S. and Wodner M. 1995. The effect of growing region, maturation and fruit handling on oil quality of cv. *Nabali* olives in West Bank Mountains. *Agricultural Med.*, 125: 395-403.

León L., Beltrán G., Aguilera MP., Rallo L., Barranco D. et De La Rosa R. 2011. Oil composition of advanced selections from an olive breeding program. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113:870-875.

Leonardis A. et Macciola V. 2002. Catalytic effect of the Cu (II) and (III) cyclohexanecarboxylates on olive oil oxidation measured by rancimat. *European Journal of Lipids and Science*, 156-160.

Le Grusse J. 2003. Structure chimique et propriétés physicochimiques. In : Les vitamines dans les Industries AgroAlimentaires. Bourgeois, C. Eds : *Tec et Doc. Lavoisier*, Paris, 5-23.

Loussert R., Brousse G. 1978. L'olivier, Ed. *Maisonneuve et Larose*, Paris, 1:45.

Luna G., Morales M.T. et Aparicio R. 2006. Characterization of 39 varietal virgin olive oils by their volatile compositions. *Food Chemistry*, 98:243-252.

M

Manzi P., Panfili G., Esti M. et Pizzoferrato L., 1998. Natural antioxidants in the unsaponifiable: Fraction of virgin olive oils from different cultivars. *Journal of Science Food and Agricultural*, 77: 115-120.

Martinez-Vidal J.L., Garrido-Frenich A., Escobar-Garcia M.A. et Romero-Gonzales R. 2007. LC-MS determination of sterols in olive oil. *Chromatographia*, 65:695-699.

Matos L.C., Cunha S.C., Amaral J.S., Pereira J.A., Andrade P.B., Seabra R.M. et Oliveira B.P.P. 2007. Chemometric characterization of three varietal olive oils (Cvs. *Cobrançosa*, *Madural* and *Verdeal Transmontana*) extracted from olives with different maturation indices. *Food Chemistry*, 102:406-414.

Mercury M., Tschan W., Kehoe R. et Kuechler A. 2007. The presence of depression and anxiety in Parkinson disease. *Disease-a-Month*, 53(5):296-301.

Michelakis N. 1995. Effet des disponibilités en eau sur la croissance et le rendement des oliviers. *Olivae*, 56 : 29-39.

Minguez-Mosquera, I., Rejano J.L., Gandul B., Higinio A. et Garrido J. 1990. Pigments present in the olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, (3):192-196.

Minguez-Mosquera, I., Rejano, J.L., Gandul, B., Higinio, A. et Garrido, J. 1991. Colour pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 68: 669-671.

Montedoro G., Servili M., Baldioli M. et Miniati E. 1992. Simple and hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil. Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(9):1571-1576.

Monteleone E., Caporale G., Carlucci A. et Pagliarini E. 1998. Optimisation of extra virgin olive oil quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 77:31-37.

Morales M T. et M Tsimidou. 2000. The role of volatile compound and polyphenols olive oil sensory quality. in: Harwood, J. and Ramon Aparicio, eds. *Handbook of Olive Oil. Analysis and Properties*. USA: Aspen Publication.

Morderet F .et Luchetti F. 1997. L'huile d'olive vierge: un aliment de qualité sous haute surveillance. *Food Authenticity - Issues and Methodologies. Euroconférence La Baule*, 4-6.

Mordert F. 1999. Conférence Chevreul : Evolution des critères de qualité des huiles d'olive vierge-Perspectives. *OCL*, 61:69-76.

Morelló JR., Motilva MJ., Tovar MJ. et Romero MP.2004. Changes in commercial virgin olive oil (cv *Arbequina*) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chemistry*, 85:357-364.

Morello J.R., Romero M.P. et Motilva M.J.2006.Influence of seasonal conditions on the composition and quality parameters of monovarietal virgin olive oils. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 83(8):683-690.

Mousa Y. M., Gerasopoulos D., Metzidakis I. et Kiritsakis A. 1996. Effect of altitude on fruit and oil quality characteristics of "Mastoides" olives. *Journal of Science of Food and Abriculture*, 71: 345-350.

MraichaF., Ksantini M., Zouch O., Ayadi M., Sayadi S. et Bouaziz M. 2010. Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from Chemlali cultivar during ripening. *Food Chemistry*, 48: 3235-3241.

N

Nevado J., Penalvo G., Robledo V. et Martenez G., 2009. New CE-ESI-MS analytical method for the separation, identification and quantification of seven phenolic acids including three isomer compounds in virgin olive oil. *Talanta*, 79: 1238-124.

Nkondjock A., Shatenstein B., Maisonneuve P. et Ghadirian P. 2003. Assessment of risk associated with specific fatty acids and colorectal cancer among French-Canadians in Montreal : a case-control study. *International Journal of Epidemiology*, 32 (2):200-209.

O

Ocakoglu D., Tokath F., Ozen B. et KorelF. 2008. Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavonoids in Turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. *Food Chemistry*, 113:401-410.

Osman M., Metzidakis I., Gerasopoulos D. et Kiritsakis A. 1994. Qualitative changes of olive oil from fruits collected from trees grown at two altitudes. *Riv. Ital. Sost. Grasse*, 71:187-190.

Ouaini N. Medawar S. Daoud,R. Ouaini R. Chebib H. Rutledge D. et Estephan N. 2005. Etat actuel des huileries d'olive au Liban. Potentiel de production. *New Medit*, 4 :31-35.

Ouazzani N., Lumaret R. et Villemur P. 1995. Apport du polymorphisme alloenzymatique à l'identification variétale de l'Olivier (*Olea europaea L.*). *Agronomie*, 15:31-37.

Ouesselati I., Anniva C., Daoud D.,Tsimidou M.Z et Zarrouk M. 2009.Virgin olive oil (VOO) production in Tunisia: The commercial potential of the major olive varieties from the arid Tataouine zone. *Food Chemistry*,112:733-741.

P

Pannelli G., Famiani F., Servili M. et Montedoro G. F. 1990. Agro-climatic factors and characteristics of the composition of vergin olive oils. *Acta Hortic*, 286: 477-480.

Papadopoulos G. et Boskou D 1991. Antioxydant effect of natural phenols on olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 68:669-671.

Paris RR.et Moyse H. 1971. Précis de matière médicale. Pharmacognosie spéciale des dicotylédones gamopétales. *Tome III Edition Masson*, 510p.

Patumi M., d'Andria R., Marsilio G., Fontanazza G.et al.2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea L.*, cv. *Kalamata*) in different irrigation regimes. *Food Chemistry*, 77:27-34.

Perez-Jimenez F., Ruano J., Perez-Martinez P., Lopez-Segura F. et Lopez-Miranda J.

2007. The influence of olive oil on human health: not a question of fat alone. *Molecular Nutrition Food Research*, 51:1199-1208.

Perona J.S.Alonso A .et Martinez-Gonzalez M .2010.Virgin olive oil and blood pressure in hypertensive elderly subjects. *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*, 85:807-812.

Pincemail J. et Defraigne J. O. 2003.Le CoEnzyme Q10 ou ubiquinone: un antioxydant particulier. *Vaisseaux, Cœur, Poumon*, 8 (2) :55-60.

Piacquadia P., De Stefano G. et Sciancalepore V. 1998. Quality of virgin olive oil extracted with the new centrifugation system using a two-phase decanter. *Lipids*, 100: 472-74.

Psomiadou E. et Tsimidou M. 2002. Stability of virgin olive oil. Autoxidation studies. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50:716-721.

Psomiadou E., Konstantinos X., Blekas K.G., Tsimidou M.Z. et Boskou D. 2003. Proposed parameters for monitoring quality of virgin olive oil. *European Journal of lipid Science and Technology*, 105(8): 403-409.

R

Ranalli A. et Angerosa F. 1996. Integral centrifuges for olive oil extraction. The qualitative characteristics of products. *Journal of American Oil Chemist's Society J*, 73: 417-422.

Ranalli A., De Mattia G., Ferrante M. L. et Giansante L. 1997. Incidence of olive cultivation area on the analytical characteristics of the oil. Note 1. *Sost. Grasse*, LXXIII, 501-508.

Ranalli A., Ferrante M.L., De Mattia G., et Costantini N. 1999. Analytical evaluation of virgin olive oil of first and second extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2): 417-424.

Ranalli A., Modesti G., Patumi M. et Fontanazza G. 2000. The compositional quality and sensory properties of virgin olive oil from a new olive cultivar- I-77. *Food chemistry*. 69:3.

Ranalli A., Contento S., Schiavone C. et N Simone. 2001. Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103: 228-238.

Rietjens S.J., Bast A. et De Vente J. 2007. The olive oil antioxidant hydroxytyrosol efficiently protects against the oxidative stress-induced impairment of the NO. Response of isolated rat aorta. *American Journal of Physiology-Heart*, 292: 1931-1936.

Roca M. et Minguéz-Mosquera M. I. 2001. Change in the natural ratio between chlorophylls and carotenoids in olive fruit during processing for virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78: 133-138.

Rontondi A. et Magli M. 2004. Ripening of olives var *Correggiolo*: Modification of oxidative stability of oils during fruit ripening and oil storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2: 193-199.

Rowan K. 1989. Photosynthetic pigments of algae, *Cambridge University Press*.

Ryan D. et Robards K. 1998. Phenolics compounds in olives. *Analyst*, 123:41-44.

S

Sanchez Casas JJ., De Miguel Gordillo C. et Marin Exposito J. 1999. La qualité de l'huile d'olive provenant de variétés en Estrémadure en fonction de la composition et la maturation de l'olive. *Olivae*, 75 : 31-6.

Servili M., Montedoro G.F., Pannelli G. et Famiani F. 1990. Influenza delle variabili pedologiche, tecnologiche e varietali sulla qualità degli oli vergini di oliva. Atti del Convegno "Problematiche qualitative dell'olio di oliva". *Sassari*, 231-245.

Servili M. et Montedoro G.F. 2002. Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:602-613.

Servili M., Selvaggini R., Taticchi A., Esposito S. et Montedoro G. F. 2003. Volatile compounds and phenolic composition of virgin olive oil: optimization of temperature and time of exposure of olive pastes to air contact during the mechanical extraction process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27): 7980-7988.

Servili M., Selvaggini R., Esposito S., Taticchi A., Montedoro G. et Morozzi, G. 2004. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *Journal of Chromatography A*, 1054:113-127.

Shklar G. et Oh SK. 2000. Experimental basis for cancer prevention by vitamin E. *Cancer Invest*, 18: 214-22.

Singleton V. I., Othofer R. et Lamuela-Raventos R. M. 1999 . Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299:152-178.

T

Taepavarapruk P. et Song C. 2010. Reduction of acetylcholine release and nerve growth factor expression are correlated with memory impairment induced by interleukin-1beta administrations: effects of omega 3 fatty acid EPA treatment. *Journal of Neurochemistry*, 112 (4):1054-1064.

Tamendjari A., Angerosa F. et Bellal M. M. 2004. Influence of *Bactrocera oleae* infestation on olive oil quality during ripening of *Chemlal* olives. *Journal Food Science*, 3: 343-354.

Tanouti K., Elamrani A., Serghini-Caid H., Khalid A., Bahetta Y., Benali A., Harkous M. et Khair M. 2010. Caractérisation d'huile d'olive produites dans les coopératives pilotes (Iakaram et Kenine) au niveau du Maroc oriental. *Les technologies de laboratoire*, 5(18):18-26.

Tamendjari A., Angerosa F., Mettouchi S. et Belial M.M. 2009. The effect of fly attack (*Bactrocera oleae*) on the quality and phenolic content of chemlal olive oil. *Grasas Y Aceites*, 60:507-513.

Tasioula-Margari M. et Okogeri O. 2001. *Journal of Food Science*, 66 (4): 530-534.

Tena N., Lazzez A., Aparicio-Ruiz R. et García-González D.L. 2007. Volatile compounds characterizing Tunisian *Chemlali* and *Chétoui* virgin olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7852-7858.

Tovar M.J., Paz Romero M., Girona J. et Moltiva M.J. 2002. L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing olive (*Olea europaea*_L cv *Arbiquina*) fruit grown under different irrigation regimes. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 82:892-898.

Tsimidou. 1998. The postharvest of mill olives. *Grasas y Aceites*, 57 (1): 249-259.

Tuck K.L. et Hayball P.J. 2002. Major phenolic compounds in olive oil: metabolism and health effects. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13:636-644.

U

Uceda M. et Hermoso M. 1998. La calidad del aceite d'oliva, in Barranco D, Fernández-Escobar R, Rallo L. (Eds.) El Cultivo del Olivo. *Junta d'Andalucía, MAPA and Ediciones Mundi-Prensa*, 547-572.

Uceda M., Beltran G., Jimenez A., Rallo L., Barranco D., Caballero J. M. et Del Rio C. 2005. Variedades de olivo en España. Consejería de Agricultura y Pesca, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, *Mundi-Prensa S.L*, 361-364.

V

Veillet S. 2010. Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : Entre tradition et innovation. Thèse de Doctorat spécialité Chimie, *Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse*.5-30.

Velasco J. et Dobarganes C. 2002. Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:661-676.

Venkateshwarlu G., Let M. B., Meyer A. S .et Jacobsen C. 2004. Modeling the sensory impact of defined combinations of volatile lipid oxidation products on fishy and metallic off-flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (6): 1635-1641.

Vichi S., Pizzale L., Conte L., Buxaderas S. et Lopez-Tamames E. 2003 .Solid-phase microextraction in the analysis of virgin olive oil volatile fraction: modifications induced by oxidation and suitable markers of oxidative status. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: 51, 6564-6571.

Viola D. 1997. L'huile d'olive et la santé, *Conseil Oléicole International*. 122.

W

Wendy B.W. 1996. Activités antioxydante et antiradicalaire de composés phénoliques et d'extraits végétaux en systèmes modèles et en cuisson-extrusion. Thèse de Docteur en Sciences, Spécialité Science Alimentaires, *E.N.S.I.A, Massy*, 112 pages.

Y

Yangui T., Dhouib A., Rhouma A. et Sayadi, S. 2009. Potential of hydroxytyrosol-rich composition from olive mill wastewater as a natural disinfectant and its effect on seeds vigour response. *Food Chemistry*, 117:1-8.

Sites numériques

Anonyme .2011 .www.Le maghreb.dz.com. (consulté le 19/05/2012).

Association Française Interprofessionnelle de l'Olive AFIDOL.2009:
<http://www.afidol.org>. (consulté le 10/04/2012).

Annexes

Tableau I: Les différentes catégories de l'huile d'olive et leurs critères de qualité (COI, 2001)

	Huile d'olive Extra vierge	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
<u>Caractéristiques organoleptiques</u>									
- odeur et saveur					Acceptable	Bonne		Acceptable	Bonne
- médiane de défaut	Me=0	0 <Me 3.5	3.5 <Me 6.00		Me > 6,0				
- médiane de fruité	Me > 0	Me > 0							
- couleur					jaune clair	Clair, jaune à vert		Clair, jaune à jaune brune	Claire, jaune à vert.
- aspect à 20°C pendant 24h					limpide	Limpide		Limpide	Limpide
<u>Acidité libre</u>									
% en acide oléique	0,8	2,0	3,3	> 3,3	0,3	1,0		0,3	1,5
<u>Indice de peroxyde</u>									
En milliéquivalents d'oxygène des peroxydes par kg d'huile	20	20	20		5	15		5	15
<u>Absorbance dans l'UV</u>									
à 270 nm	0,22	0,25	0,30						
à 232 nm	2,5	2,6			1,10	0,90		2,00	1,70
K	0,01	0,01	0,01		0,16	0,15		0,20	0,18

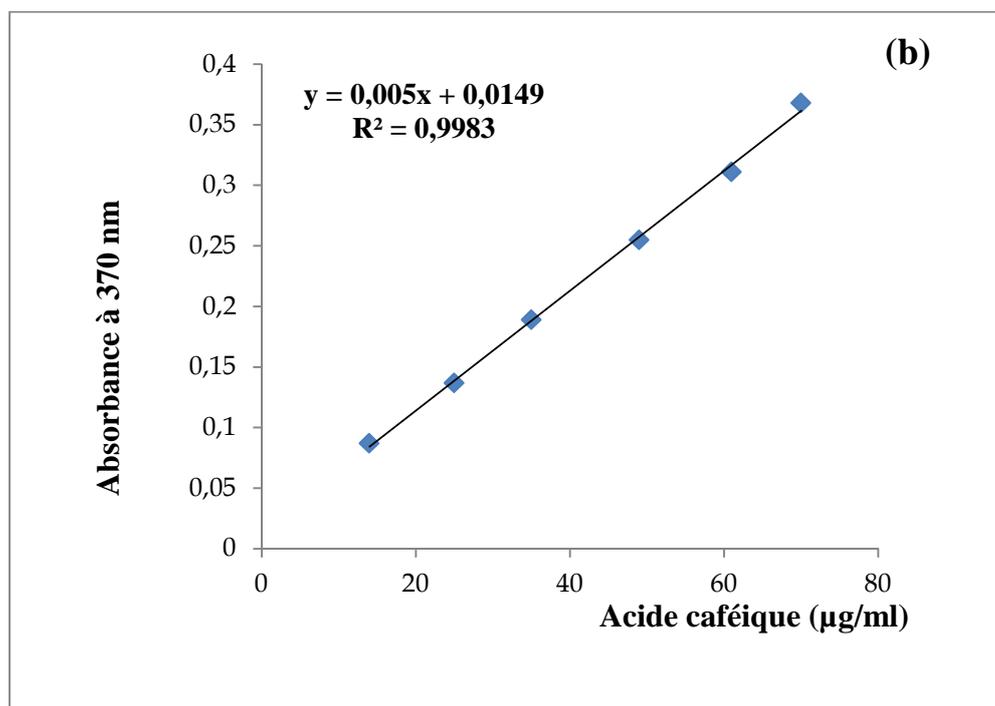
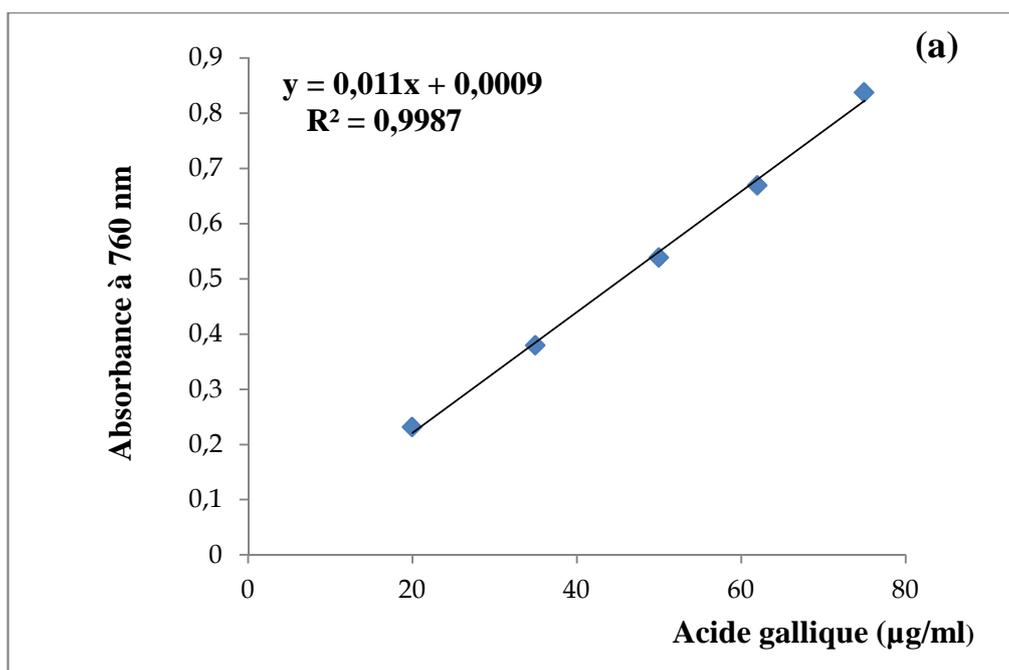
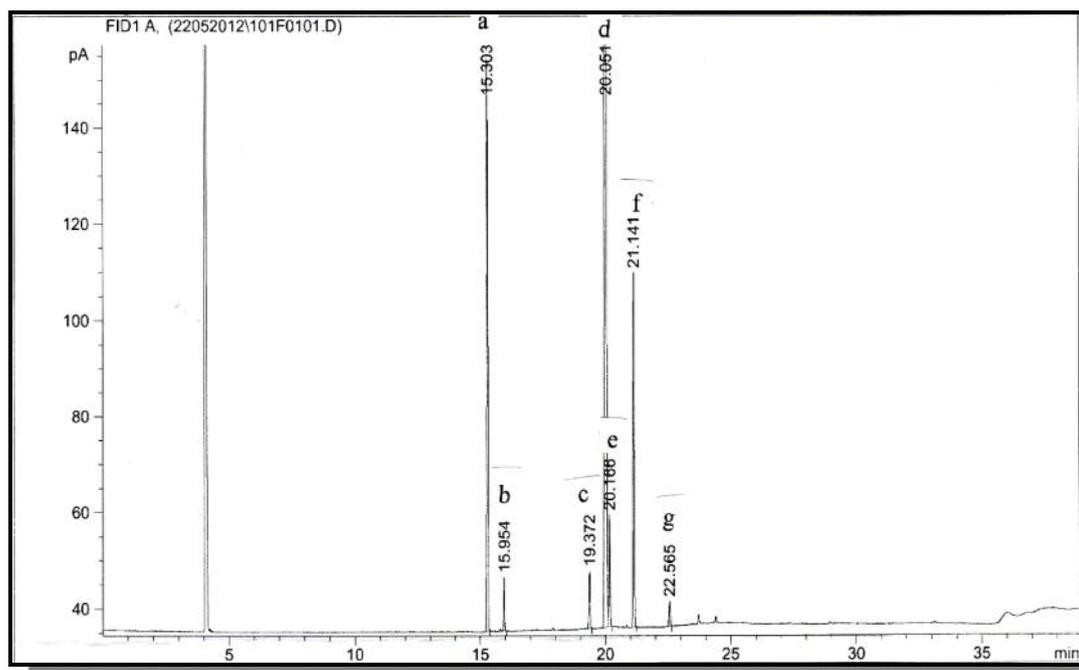
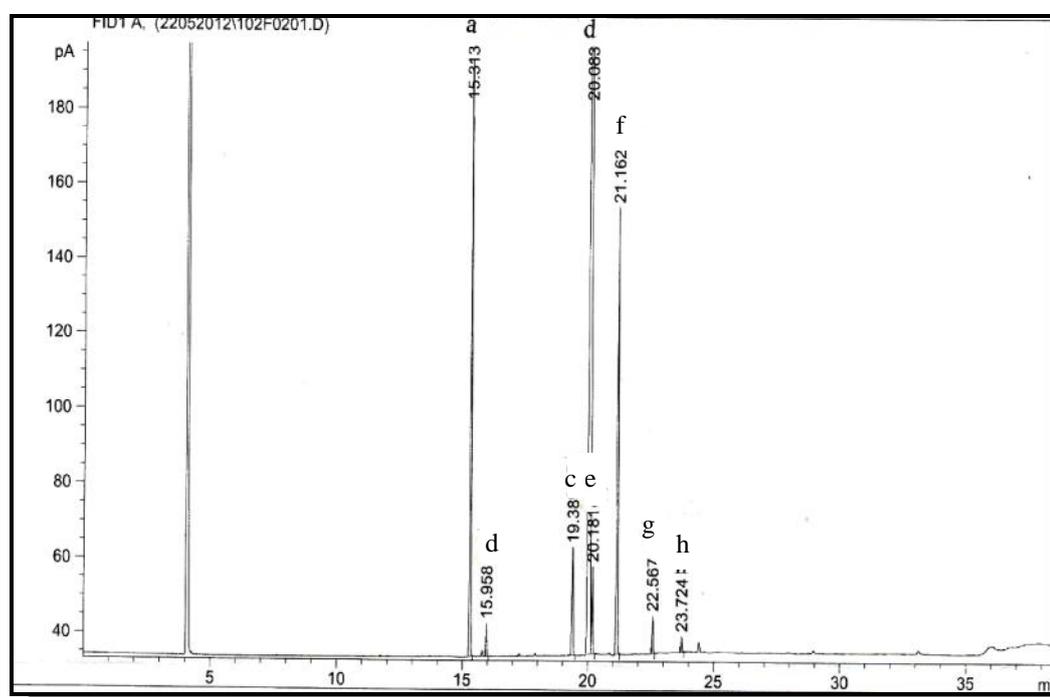


Figure 01: Courbes d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques (a) et des *ortho*-diphénols (b) .



a: acide palmitique (C16:0); **b:** non identifié; **c:** acide stéarique (C18:0); **d:** acide oléique (C18:1n 9); **e:** acide oléique (C18:1n 7); **f:** acide linoléique (C18:2); **g:** acide linoléique (C18:3).

Figure 02: Chromatogramme des acides gras de l'huile d'olive de la variété *Maurino*.



a: acide palmitique (C16:0); **b:** non identifié; **c:** acide stéarique (C18:0); **d:** acide oléique (C18:1n 9);
e: acide oléique (C18:1n 7); **f:** acide linoléique (C18:2); **g:** acide linoléique (C18:3);
h: acide arachidique (C20:0).

Figure 03: Chromatogramme des acides gras de l'huile d'olive de la variété *Picholine marocaine*.

Tableau II : Les principaux acides gras présents dans l'huile d'olive (COI, 2003)

Acide gras	Teneur en acide gras (%)
C14:0	0,0 - 0,05
C16:0	7,5 - 20,0
C16:1	0,3 - 3,5
C17:0	0,0 - 0,3
C17:1	0,0 - 0,3
C18:0	0,5 - 5,0
C18:1	55,0 - 83,0
C18:2	3,5 - 21,0
C18:3	0,0 - 1,0
C20:0	0,0 - 0,6
C22:0	0,0 - 0,2
C24:0	0,0 - 0,2
Acide gras <i>trans</i>	
C18:1	0,0 - 0,05
C18: 2 <i>trans</i> + C18 :3 <i>trans</i>	0,0 - 0,05

Résumé

Cette étude a été l'occasion de déterminer d'une part quelques paramètres de qualité (acidité, indice de peroxyde, absorbance dans l'UV) et la composition chimique (acide gras, pigments, composés phénoliques) des huiles d'olive de deux variétés étrangères cultivées en Algérie. D'autre part, de procéder à leur comparaison dont le but d'une sélection variétale raisonnée sur la base de la qualité des huiles produites afin de diversifier le pool génétique des variétés cultivées. Dans ce contexte, la stratégie adoptée dans la présente étude était de définir les principales caractéristiques des deux variétés cultivées dans la même zone par des méthodes analytiques classiques. Les résultats de cette étude ont montré l'influence de la variété sur la composition de l'huile d'olive vierge extra. En effet, des différences significatives ont été révélées pour tous les paramètres analytiques. Il ressort de cette comparaison que l'huile de la variété *Picholine marocaine* se distingue par une composition chimique spécifique caractérisée par l'acide arachidique, teneurs élevées en acide linoléique et stéarique, une richesse en polyphénols et *ortho*-diphénols et en pigments chlorophylliens et caroténoïdes. Par conséquent, pour améliorer nos huiles et valoriser notre oléiculture, cette variété serait à recommander pour des coupages permettant de corriger la composition chimique des huiles d'autres variétés ainsi pour les nouvelles plantations d'oliviers.

Mots clés : Huile d'olive, qualité, variété, caractérisation, *Picholine marocaine*, *Maurino*.

Abstract

This study was the occasion to determine on the one hand some parameters of quality (acidity, index of peroxide, absorptance in UV) and the chemical composition (fatty acid, pigments, phenolic compounds) of the olive oils of two foreign varieties cultivated in Algeria. On the other hand, to proceed to their comparison of which the goal of a reasoned varietal selection on the basis of quality of oils produced in order to diversify the genetic pool of the cultivated varieties. In this context, the strategy adopted in the present study was to define the principal characteristics of the two varieties cultivated in the same zone by classical analytic methods. The results of this study showed the influence of the variety on the composition of the extra virgin olive oil. Indeed, the significant differences were revealed for all the analytical parameters. It comes out from this comparison that the oil of the *Picholine Moroccan* variety is distinguished by a specific chemical composition characterized by the presence of arachidic acid, high percentages of linolenic and stearic acids, a high content in polyphenols and *ortho*-diphenols and chlorophyllian and carotenoid pigments. Consequently, to improve our oils and to develop our oleiculture, this variety would be to recommend for cuttings making it possible to thus correct the chemical composition of oils of other varieties for the new plantations of olive-trees.

Keywords : Olive oil, quality, variety, characterization, *Moroccan Picholine*, *Maurino*.