

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderahmane Mira de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Laboratoire de Biochimie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister

En Sciences Alimentaires

Option : Contrôle de Qualité des Aliments,
Certification et Méthodes de Validation

Présenté par :

M^{elle} AIDLI AMEL

Thème

*Caractéristiques physico-chimiques et pouvoir
antioxydant de l'huile d'olive de variétés
algériennes.*

Devant le jury :

Président : Mr ATMANI D.

(M.C. Université de Bejaia)

Promoteur : Mr TAMENDJARI A.

(M.C. Université de Bejaia)

Co-promoteur : M^{me} LEHOUCHE R.

(M.A. Université de Bejaia)

Examineurs : Mr IGUEROUDA M.

(M.C. Université d'USMB)

M^{me} BENABDESSELAM F.

(M.C. Université de Bejaia)

Année 2009

Remerciements

Ce travail a été réalisé au laboratoire de Biochimie, dirigé par Mr. le Docteur **A. TAMENDJARI** et M^{me}. **R. LEHOUCHE**. Je remercie toutes personnes ayant contribué de près ou de loin afin que ce travail soit fait dans les meilleures conditions.

Que Mr. **TAMENDJARI**, mon enseignant avant d'être mon directeur de mémoire, reçoive toute l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir proposé ce sujet, et, pour tout son dynamisme, ses compétences scientifiques et sa disponibilité qui m'ont permis de mener à bien cette étude. Votre assistance et vos recommandations continues pour moi, me furent très utiles.

J'aimerais remercier aussi M^{me}. **LEHOUCHE**, mon co-encadreur pour ses efforts, sa présence son aide ainsi que son soutien durant cette année de travail. Soyez rassurée de ma sincère gratitude.

Je suis très sensible à la présence dans ce jury de Mr. le Docteur **D. ATMANI**, qui nous fait l'honneur de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Je remercie tous particulièrement M^{me}. le Docteur **F. BENABDESSELAM** et Mr. le Docteur **M. IGVEROUADA**, qui ont accepté de juger ce travail et d'en être les examinateurs. Ainsi que Mrs. Les enseignants Mr. **BEKDOUCHE** et Mr. **SAHNOUNE**, qui nous ont fait profiter de leurs conseils plus qu'indispensables en statistiques.

Mes remerciements les plus sincère s'adressent à Mr. le directeur de l'**I.T.A.F.V.** de Takerietz **SEBAI**, pour son accueil et d'avoir accepté de nous fournir les échantillons.

J'exprime toute mon amitié à M^{lle}. **S. KECIRI** pour son aide précieuse, un grand merci pour tout **Sonia**. Et que tout le personnel de l'**I.T.A.F.V.** trouve ici mes remerciements les plus vifs, particulièrement Mr. et M^{me}. **NAITATMAN**, et Mr. **Z. SEBAI**.

Je tiens à remercier également le personnel du laboratoire de **CEVITAL**. Spécialement M^{me}. **D. TERKI** et Mr. **BAHIRENE**.

Merci aussi à tous mes collègues des laboratoires de biochimie et de microbiologie, Mr. **F. AMROUCH**, M^{mes}. **N. KHERBACHI**, **N. ADJAOUD**, **N. GUERGAI**, **T. REMDANI**, **S. ARKOUB**, **N. DJERADA** et Mr **F. BOUCHENOI**, pour leur aide, leurs conseils avisés et soutien moral. Je leur exprime ma profonde sympathie et leur souhaite beaucoup de bien.

Je veux adresser tous mes remerciements à M^{me}. **S. TAMENDJARI**, pour son aide, ses conseils et orientations. Soyez rassurée de ma sincère gratitude.

J'adresse mes remerciements aussi aux techniciens et ingénieurs des laboratoires de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie M^{me}. **S. BENSIDHOU**, M^{lle}. **F. BEN ACHOUR**, Mr. **Y. DERAHI**, Mr **D. MONKO**, M^{lle}. **N. AKLIL**, M^{me} **K. YOUKNANE**, M^{lle} **A. OUATAH**, M^{lle}. **S. DIB**, ainsi que la secrétaire du département des Sciences Alimentaires M^{me}. **D. BOUMEDDA**.

Tout mon amour et ma gratitude sont adressés, à ma mère, mon père et à toute ma famille, qui ont su me faire confiance et me soutenir en toutes circonstances au cours de ces années.

Je souhaite enfin remercier mon amie et collègue de travail **LILA** avec qui j'ai partagé les moments les plus difficiles dans la réalisation de cette étude. Sans oublier mon amie et sœur **WASSILA** d'avoir tout simplement été là.

Dédicaces



Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

I. Synthèse bibliographique

I.1. Olive et technologie d'élaboration de l'huile d'olive

I.1.1. L'olive..... 3

I.1.1.1. Structure de l'olive..... 3

I.1.1.2. Composition chimique de l'olive..... 3

I.1.2. Technologie d'élaboration de l'huile d'olive 4

I.1.2.1. Récolte des olives 4

I.1.2.2. Effeillage et le lavage..... 5

I.1.2.3. Broyage 5

I.1.2.4. Malaxage..... 6

I.1.2.5. Séparation de la phase huileuse 7

I.1.2.5.1. Système d'extraction par pression 7

I.1.2.5.2. Système d'extraction par centrifugation 7

I.2. L'huile d'olive

I.2.1. Classification de l'huile d'olive 9

I.2.3. Composition de l'huile d'olive 9

I.2.3.1. La fraction saponifiable 10

I.2.3.1.1. Les glycérides 10

I.2.3.1.2. Les acides gras 10

I.2.3.2. La fraction insaponifiable	10
I.2.3.2.1. Les stérols	10
I.2.3.2.2. Les substances aromatiques	11
I.2.3.2.3. Les tocophérols	12
I.2.3.2.4. Les pigments	13
I.2.3.2.5. Les composés phénoliques.....	14
I.2.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques de l'huile d'olive.....	17

I.3. Influence du cultivar sur les caractéristiques de l'huile d'olive

I.3.1. Effet variétal sur le poids des olives	19
I.3.2. Effet variétal sur la maturité des olives.....	19
I.3.3. Effet variétal sur la teneur en huile des olives	19
I.3.4. Effet variétal sur les paramètres de qualité de l'huile d'olive.....	20
I.3.5. Effet variétal sur la composition en triglycérides	20
I.3.6. Effet variétal sur la composition en acides gras.....	20
I.3.7. Effet variétal sur la composition en stérols.....	21
I.3.8. Effet variétal sur la composition de la fraction volatile	22
I.3.9. Effet variétal sur la composition en tocophérols.....	23
I.3.10. Effet variétal sur la composition en pigments.....	23
I.3.11. Effet variétal sur la composition en polyphénols.....	24
I.3.12. Effet variétal sur la stabilité de l'huile d'olive.....	28
I.3.13. Effet variétal sur l'activité antioxydante de l'huile d'olive	29

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel végétal	31
II.1.1. Récolte.....	32
II.1.2. Extraction de l'huile	32

II.2. Echantillons d'huiles commerciales	32
II.3. Déterminations sur les olives	32
II.3.1. Indice de maturité	32
II.3.2. Poids des fruits	33
II.3.3. Humidité des fruits	33
II.3.4. Détermination de la teneur en huile des olives	33
II.4. Détermination des indices de qualité de l'huile	34
II.4.1. Acidité	34
II.4.2. Indice de peroxyde	34
II.4.3. Absorbance spécifique dans l'Ultraviolet	35
II.5. Composition en acides gras	35
II.6. Dosages des chlorophylles	36
II.7. Dosage des antioxydants	36
II.7.1. Dosage des tocophérols	36
II.7.2. Dosage des caroténoïdes	37
II.7.3. Extraction et dosage des composés phénoliques	37
II.7.3.1. Extraction	37
II.7.3.2. Dosage des polyphénols totaux	37
II.7.3.3. Dosage des <i>ortho</i>-diphénols	37
II.8. Détermination de l'indice d'amertume	38
II.9. Etude de l'activité antioxydante	38
II.9.1. Pouvoir réducteur	38
II.9.2. Activité antiradicalaire sur le radical DPPH	38
II.9.2.1. Activité antiradicalaire des extraits méthanoliques	39
II.9.2.2. Activité antiradicalaire de l'huile	39
II.9.3. Activité scavenger sur le peroxyde d'hydrogène	39
II.9.4. Dégradation du β-carotène par l'acide linoléique	40
II.10. Etude statistique	41

III. Résultats et discussions

III.1. Déterminations sur les olives	42
III.1.1. Indice de maturité	42
III.1.2. Poids des olives.....	43
III.1.3. Teneur en eau des olives	43
III.1.4. Teneur en huile des olives.....	43
III.2. Indices de qualité de l'huile d'olive	45
III.2.1. Acidité.....	45
III.2.2. Indice de peroxyde	46
III.2.3. Absorbance dans l'UV	48
III.3. Composition en acides gras	49
III.4. Les chlorophylles	53
III.5. Les Antioxydants	55
III.5.1. Les tocophérols	55
III.5.2. Les caroténoïdes	58
III.5.3. Les polyphénols totaux	59
III.5.4. Les <i>ortho</i> -diphénols	61
III.6. Indice d'amertume	62
III.7. Activité antioxydante	64
III.7.1. Pouvoir réducteur.....	64
III.7.2. Activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique sur le radical DPPH	65
III.7.3. Activité antiradicalaire de l'huile sur le radical DPPH	68
III.7.4. Activité scavenger sur le peroxyde d'hydrogène	70
III.7.5. Dégradation du β -carotène par l'acide linoléique	72
<hr/>	
Conclusion	74
<hr/>	
Références bibliographiques	77

Glossaire

Annexes

AA : Aactivité Antioxydante.

A.G.I : Acides Gras Insaturés

A.G.S : Acides Gras Saturés

Abs: Absorbance

ABTS : Acide 2,2'-azobis (3 enthlbenzothianzoline-6-sulfonique)

AGMI: Acides Gras MonoInsaturés

AGPI : Acides Gras PolyInsaturés

ANOVA: Analysis Of Variance

BHA : butylhydroxyanisole

CE : Commission Européenne

CEE : Communauté Economique Européenne

COI : Conseil Oléicole International

DPPH : 2,2-DiPhényl-1-PicrylHydrazyl

E.A.C : Equivalent en Acide caféique

E.A.G : Equivalent en Acide Gallique

EC₅₀: Concentration efficace pour inhiber 50 % du radical DPPH

FID : Détecteur à Ionisation à Flamme

Ha : Hectare

HDL: Hight Density Lipoprotein

HPLC : High-Performance Liquid Chromatography (chromatographie liquide à haute performance)

I.P : Indice de Peroxyde

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

L. Agl. : Ligstroside aglycone

L.Agl.dA : forme dialdéhydrique de Ligstroside aglycone

LDL : Low Density Lipoprotein

LLL : trilinoleine

Meq : Milliequivalent

O. Agl. : Oleuropéine aglycone

O.Agl.dA : forme dialdéhydrique de l'oleuropéine aglycone

OOO : trioléine

OOL : dioléolinoléine

Liste des abréviations

POL : palmitooléoline

POO : dioléopalmitine

ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity

PAL : L-phénylalanine ammonia lyase

PPM : Partie par million

SOO : dioléostéarine

Tyro : Tyrosol

Tyro.OH. : Hydroxytyrosol

UV : UltraViolet

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Composition chimique de l'olive	4
II	Les différentes catégories d'huile d'olive et leurs critères de qualité	9
III	Valeurs d'acidité, indice de peroxyde et absorbance dans l'UV de quelques variétés d'huiles d'olive.	20
IV	Composition en acides gras de quelques variétés d'huiles d'olive vierges (%)	21
V	Teneurs en stérol totaux de quelques variétés d'huile d'olive espagnols	21
VI	Teneurs moyenne en tocophérols des huiles d'olive vierge de quelques variétés italiennes	23
VII	Teneurs en pigments chlorophylles et caroténoïdes de quelques variétés d'huiles d'olive vierge.	24
VIII	Teneurs en polyphénols totaux et en <i>ortho</i> -diphénols (exprimées en équivalent acide gallique) de quelques variétés d'huiles d'olive vierge.	25
IX	Composition en polyphénols individuels de quelques variétés d'huile d'olive vierge selon certains auteurs	26
X	Indices de stabilité oxydative de quelques variétés d'huile d'olive vierge	28
XI	Activité antioxydante de quelques variétés d'huile d'olive déterminées par différentes méthodes	30
XII	Caractéristiques et origines des variétés d'olives	31
XIII	Conditions opératoires pour les esters méthyliques	36
XIV	Valeurs de l'indice de maturité, poids et humidité des olives.	42
XV(a)	Composition en acides gras des huiles des variétés	51
XV(b)	Composition en acides gras des huiles commerciales	51
XVI	Concentrations efficaces 50 des différents échantillons d'huiles.	69

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Biosynthèse des composés aromatiques par la voie de la lipoxygénase à partir des acides linoléique et linoléinique	12
2	Structure des tocophérols	12
3	Structure des principaux composés phénoliques de l'huile d'olive	16
4	Teneurs en huiles des différentes variétés d'olives	44
5	Acidité des différents échantillons d'huiles.	45
6	Indice de peroxyde des différents échantillons d'huiles.	47
7	Coefficient d'absorption spécifique à 232 nm des différents échantillons d'huiles.	48
8	Coefficient d'absorption spécifique à 270 nm des différents échantillons d'huiles.	49
9	Teneurs en chlorophylles des différents échantillons d'huiles.	54
10a	Teneurs en α -tocophérols des différents échantillons d'huiles.	55
10b	Teneurs en β et γ tocophérol des différents échantillons d'huiles.	56
10c	Teneurs en total tocophérols des différents échantillons d'huiles.	56
11	Teneurs en caroténoïdes des différents échantillons d'huiles.	58
12	Teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons d'huiles.	59
13	Teneurs en <i>ortho</i> -diphénols des différents échantillons d'huiles.	61
14	Indices d'amertume des différents échantillons d'huiles.	63
15	Pouvoir réducteur des extraits des différents échantillons d'huiles.	64
16	Activité antiradicalaire des extraits des différents échantillons d'huiles sur le radical DPPH.	65
17	Pourcentages d'inhibition du radical DPPH des extraits des différents échantillons d'huiles.	66
18	Activité antiradicalaire des différents échantillons d'huiles sur le radicale DPPH.	68
19	Pourcentages d'inhibition du peroxyde d'hydrogène des extraits différents échantillons d'huiles.	71
20	Pourcentages d'inhibition de la dégradation du β -carotène des extraits différents échantillons d'huiles.	72

Introduction

Introduction

Il y a cinq mille ans, l'olivier (*Olea europaea*) est cultivé sur la rive orientale de la Méditerranée et les olives sont pressées pour en extraire l'huile. Depuis, l'huile d'olive a joué un rôle essentiel dans l'histoire de l'Homme sous l'angle religieux, socioculturel, médical et nutritionnel (Stefanodaki et Koutsaftakis, 1995). Cette huile, sous réserve d'être extraite à partir du fruit frais, se distingue par son goût particulier à la fois fruité et amer et elle peut être consommée en l'état « vierge » en gardant son patrimoine vitaminique, sa composition en acides gras essentiels et en d'autres constituants naturels importants participant aux vertus nutritionnelles spécifiques et à l'utilisation thérapeutique de l'huile d'olive (Çavusoglu et Oktar, 1994).

L'huile d'olive est un produit agricole d'une grande importance dans le monde et principalement dans le bassin méditerranéen. La production mondiale est estimée à 2.610.500 tonnes d'huile d'olive pour la campagne 2008/2009 sur une superficie oléicole mondiale estimée à 10.492.000 ha (COI, 2008).

La culture de l'olivier revêt une importance non négligeable pour l'Algérie, elle constitue une source de revenu significative pour la population rurale. Cette culture représente 49 % du verger arboricole national. Le nombre d'arbres plantés est estimé à 32 millions, la production nationale est estimée en moyenne, sur la dernière décennie à 35 000 tonnes (1,2 % de la production mondiale). Pour la campagne 2008/2009, la production est de 56 201 tonnes. La wilaya de Bejaia, compte un total de 431 huileries pour un parc oléicole de près de 5 millions d'olivier cultivés sur une superficie de 50 425 ha, soit 17 % de la superficie globale consacrée à l'olivier en Algérie qui totalise 296 000 ha. La production à Bejaia pour la campagne oléicole 2008/2009 est estimée à 15 millions de litres d'huiles d'olive.

La qualité de l'huile d'olive ne dépend pas seulement des pratiques de culture, de l'époque de récolte et des techniques de récolte et post-récolte utilisées mais aussi de la variété (Dugo *et al.*, 2004). En effet, ce sont les caractères génétiques qui influent sur la résistance ou la sensibilité des olives aux maladies, aux ravageurs et aux aléas climatiques et qui déterminent de près la qualité de l'huile (Torres et Maestri, 2006).

Les bienfaits de la consommation de l'huile d'olive ne sont pas uniquement dus à l'acide oléique et ne sont pas tous liés au métabolisme lipidique, d'autres substances à propriété antioxydante tels que les composés phénoliques, les stérols et les tocophérols ont des effets bénéfiques sur la santé; elles interviennent dans la lutte contre le stress oxydant impliqué dans l'étiologie de diverses pathologies : l'athérosclérose, les maladies cardiovasculaires, certains

types de cancers, les pathologies cérébrales, les dégénérescences liées au vieillissement accéléré (Covas, 2007; Sotiroudis et Kyrtopoulos, 2008).

L'objectif de notre étude est de définir dans quelle mesure la variété est susceptible de conditionner la qualité de l'huile d'olive et son activité antioxydante, et de comparer celle-ci à des huiles commerciales. Une telle caractérisation est indispensable pour une valorisation commerciale de nos huiles, tant d'un point de vue nutritionnel que thérapeutique.

La première partie de ce travail est consacrée à une synthèse bibliographique, décrivant les différents procédés d'élaboration de l'huile d'olive et sa composition chimique ainsi qu'une synthèse des principaux résultats antérieurs relatifs à l'influence de la variété sur les caractéristiques de l'huile d'olive.

La deuxième partie du travail est réservée, en premier lieu à la description des étapes substantielles suivies au cours de cette étude : récolte et extraction de l'huile, suivie des déterminations en vue de la caractérisation des fruits (indice de maturité, poids, teneur en eau et en huile), des indices de qualité des huiles (acidité, indice de peroxyde et absorbance dans l'UV), du profile en acides gras et du dosage des antioxydants (tocophérols, caroténoïdes, polyphénols totaux et *ortho*-diphénols). En second lieu, l'évaluation *in vitro*, par différentes méthodes, de l'activité antioxydante des échantillons d'huiles d'olive.

Synthèse
Bibliographique

I.1. Olive et technologie d'élaboration de l'huile d'olive

I.1.1. L'olive

I.1.1.1. Structure de l'olive

Le fruit de l'olivier, l'olive, est une drupe charnue ayant une forme plus au moins ovale, à peau lisse. Elle est constituée de l'extérieur vers l'intérieur de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe (Kiritsakis et Markakis 1987; Fedeli, 1997).

a/ L'épicarpe

L'épicarpe, composé de l'épiderme et de la cuticule, représente 1 à 3 % du poids du fruit. Il est constitué en plus grande partie d'acides gras accompagnés d'alcools et de leurs esters, des composés aromatiques et des chlorophylles. Sa couleur varie du vert au début de maturation au vert à jaunâtre, rose violacé, violet et noir à pleine maturité. Ces variations de couleur sont liées à la composition en pigments dans le fruit (Cortesi *et al.*, 2000b; Bianchi, 2003).

b/ Le mésocarpe

Le mésocarpe, dénommé également la pulpe, représente 70 à 80 % du poids du fruit. Il renferme dans une matrice essentiellement protéique une solution aqueuse, dont les solutés sont fondamentalement des sucres, accompagnés d'une série d'acides organiques, de phénols simples et complexes, libres ou liés aux sucres, des composants d'arômes liposolubles. Le mésocarpe renferme la plus grande partie d'huile (96 à 98 %) qui se trouve sous forme libre dans des vacuoles et sous forme liée à l'intérieur du cytoplasme (Cortesi *et al.*, 2000b; Bianchi, 2003; El Antari *et al.*, 2003b).

c/ L'endocarpe

Très caractéristique de la variété, l'endocarpe (noyau) représente 18 à 22 % du poids du fruit. Il est composé de deux sous système : le premier constitué par la partie la plus externe de la graine, le second constitué par la matrice protéique, contenant la composante lipidique et la composante hydrophile (Cortesi *et al.*, 2000b; Bianchi, 2003).

I.1.1.2. Composition chimique de l'olive

Les principaux constituants de l'olive sont l'eau, les polysaccharides et les triglycérides en plus d'autres constituants présents en petites quantités qui confèrent à l'huile d'une part, une partie de ses qualités gustatives et nutritionnelles et d'autre part sa stabilité oxydative. Cette composition est influencée par le cultivar, les conditions agronomiques et le degré de

maturité du fruit (Zarrouk *et al.*, 1996; Zamora *et al.*, 2001; Gomez-Rico *et al.*, 2008). Les principaux constituants de l'olive sont représentés dans le tableau I.

Tableau I : Composition chimique de l'olive (Laurent et Barnouin, 2000).

Constituants	Teneurs (pour 100g de matière fraîche)
Eau	20 g (70 à 75 % du poids total du fruit).
Lipides	20 g (17 à 30 % du poids total du fruit).
Glucides	10 g (12 % du poids total de la pulpe).
Protéines	1 g (1 % du poids total de la pulpe).
Acides organiques	En petites quantités dans la pulpe.
Pigments	Chlorophylles <i>a</i> et <i>b</i> : 2,5 et 1 ppm, respectivement. Caroténoïdes. Anthocyanes.
Sels minéraux	Sodium (Na) : 128 mg Calcium (Ca) : 122 mg Soufre (S) : 27 mg Phosphore (P) : 14 mg Chlore (Cl) : 4 mg Fer (Fe) : 2,9 mg Magnesium (Mg) : 2 mg Manganèse (Mn) : 2 mg Cuivre (Cu) : 0,2 mg
Vitamines	Vitamine E : 238 – 352 mg Vitamine B ₁ : 0,54 – 11 mg Vitamine A : 0,15 – 0,23 mg

I.1.2. Technologie d'élaboration de l'huile d'olive

La qualité de l'huile d'olive vierge est tributaire de nombreux facteurs, allant du stade de la culture de l'olivier, aux étapes successives de récolte, de stockage et de transformation des olives. Le processus technologique est l'un des facteurs les plus importants qui affecte cette qualité (Di Giovacchino, 1999; Del Caro *et al.*, 2006).

L'élaboration de l'huile d'olive vierge comprend une série de processus mécaniques et / ou physiques ayant pour objectif fondamental de séparer le jus huileux de l'ensemble des produits présents dans la masse d'olive triturée (Alba Mendoza, 1999).

I.1.2.1. Récolte des olives

Pour produire une huile de qualité, il est important que les olives soient de bonne qualité (fruits non abîmés, au stade optimal de maturité) et dans un bon état sanitaire au moment de la récolte (El Antari *et al.*, 2000).

La modalité de récolte des fruits, est un facteur parmi d'autres ayant une incidence sur la qualité de l'huile d'olive vierge, il est donc nécessaire de récolter les olives sur l'arbre, à la

main ou à l'aide de moyens mécaniques et d'éviter de ramasser les olives tombées par terre et les pratiques qui nuisent aux fruits et aux arbres comme le gaulage qui provoque la blessure des fruits (Çavusoglu et Oktar, 1994; Metzidakis *et al.*, 1995; El Antari *et al.*, 2000).

Une autre cause de détérioration de la qualité de l'huile d'olive vierge est le temps qui s'écoule entre la récolte des olives et l'extraction de l'huile ainsi que les modalités de stockage (Di Giovacchino, 1999; Tamendjari *et al.*, 2004a). En effet, le séjour prolongé des olives avant l'extraction influe négativement sur les paramètres de qualité de l'huile d'olive (acidité, indice de peroxyde, absorbance dans l'UV et les caractéristiques organoleptiques), les concentrations en polyphénols, la composition de la fraction stérolique et les substances volatiles (Metzidakis *et al.*, 1995; Panaro *et al.*, 2003).

Les parasites, tels que la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*, sont en général, les principaux agents externes responsables des processus métaboliques de décomposition dans les fruits. L'action nuisible des insectes ravageurs provoque une diminution de la qualité de l'huile d'olive vierge (Çavusoglu et Oktar, 1994; Tamendjari *et al.*, 2004a). Les travaux de Tamendjari *et al.* (2004b) et ceux de Gomez-Caravaca *et al.* (2008) ont démontré que l'infestation des olives par *Bactrocera oleae*, induit une augmentation de l'acidité libre, de l'indice de peroxyde et de l'absorbance dans l'UV, accompagnée par une diminution de la teneur en composés phénoliques.

I.1.2.2. Effeillage et lavage

L'opération d'effeuillage est effectuée à l'aide d'un appareil automatique muni d'un système d'aspiration, à défaut de disposer d'un système mécanique, cette opération peut être réalisée manuellement. Cette étape est nécessaire pour éviter une coloration trop verdâtre de l'huile se traduisant par un excès d'amertume et l'obtention d'une huile ayant une saveur caractéristique dénommée « feuilles vertes » ou « fruité vert herbacé » qui ne plaît pas toujours aux consommateurs (Di Giovacchino, 1991; Chimi, 2001).

Après l'effeuillage, il convient de procéder au lavage des olives, pour les débarrasser de toutes les impuretés (terre, poussière, résidus des produits phytosanitaires) qui risquent d'altérer la qualité de l'huile d'olive vierge car certaines traces métalliques dans les terres sont des catalyseurs de l'oxydation de l'huile réduisant ainsi leur conservation (Uzzan, 1994; Di-Giovacchino, 1999; Chimi, 2001).

I.1.2.3. Broyage

La majorité de l'huile présente dans les olives est contenue dans les cellules du mésocarpe de la drupe renfermée pour la plupart dans les vacuoles et dispersée dans le tissu colloïdale du cytoplasme, il est donc nécessaire de libérer ces gouttelettes d'huile en

soumettant les olives propres à un broyage poussé qui vise à faire éclater la drupe gorgée d'huile, à permettre le concassage du noyau et l'écrasement de l'amande, ceci au moyen de broyeurs à meules en (granite ou pierre) ou de broyeurs métalliques (à marteaux fixes ou mobiles, à dents ou à disques, à rouleaux...) (Di Giovacchino, 1991; Uzzan, 1994; Artajo, 2006).

Les broyeurs métalliques peuvent influencer les caractéristiques organoleptiques des huiles d'olive vierges qui sont généralement plus amères et plus piquantes que celles obtenues par un broyeur à meule, dues au contenu différent en substances phénoliques qui se trouvent à un taux plus élevé dans les huiles issues d'olives broyées à l'aide d'un broyeur métallique, par contre moins riche en substances aromatiques suite à l'inhibition partielle de l'activité enzymatique à l'origine de la libération des substances aromatiques par l'action violente du broyeur métallique. Le type de broyeurs (à meule ou métallique) n'a aucune incidence sur les indices de qualité de l'huile d'olive vierge, ni sur la composition en acides gras (Caponio *et al.*, 1999; Di Giovacchino, 1999; Cortesi *et al.*, 2000b).

I.1.2.4. Malaxage

Aussitôt après le broyage des olives, il est procédé à l'opération de malaxage, qui consiste en un brassage lent et continu de la pâte d'olive pour favoriser la réunion des gouttelettes d'huile avec la formation de gouttes plus grosses et parfaire le broyage (Di Giovacchino, 1991; Angerosa *et al.*, 2001).

Les paramètres technologiques (temps et température) de malaxage n'ont pas d'incidence sur les indices de qualité de l'huile d'olive vierge d'un point de vue commercial, par contre ils influent sur le contenu en polyphénols totaux et en substance volatiles (Di Giovacchino, 1999; Angerosa *et al.*, 2001). En effet, le prolongement de la durée du malaxage, surtout pour le système de la pression, est à l'origine d'une diminution de la teneur en polyphénols totaux et la température élevée entraîne une élévation de leur teneur et une diminution de la teneur en substances volatiles (Tsimidou, 1998; Angerosa *et al.*, 2001; Ranalli *et al.*, 2005).

La fraction phénolique oléosidique est aussi affectée par ces paramètres ; la teneur en cette fraction diminue avec l'augmentation du temps et de la température de malaxage. Les teneurs les plus élevées sont obtenues, selon Angerosa *et al.* (2001) et Ranalli *et al.* (2005) à une température de 25°C pendant une durée de malaxage de 15 min.

Selon Di Giovacchino (1999), pour obtenir une huile de bonne qualité, l'opération de malaxage doit avoir une durée maximale de 30 min dans le cas du système de la pression et de 60 min au maximum pour le système de la centrifugation à 2 ou à 3 phases.

I.1.2.5. Séparation de la phase huileuse

L'huile d'olive vierge est extraite à l'aide d'appareillages spécifiques, actionnés par des forces de nature physique, lesquelles, convenablement exercées sur la pâte d'olive, permettent la séparation des différentes phases (huileuse, solide et liquide). Pour un cultivar donné et une époque de maturation définie, les diverses techniques d'extraction peuvent également avoir une incidence sur les caractéristiques de l'huile d'olive notamment ses composés mineurs (Di Giovacchino, 1991; Cortesi *et al.*, 2000a).

I.1.2.5.1. Système d'extraction par pression

C'est un système d'extraction discontinu qui utilise des presses métalliques à vis ou hydrauliques, les pressions exercées sont de l'ordre de 100, 200 et 400 Kg/cm². Sous l'action de la pression, la pâte d'olive dégage le moût huileux (huile et margines), la séparation de l'huile des margines se fait, dans ce système, par décantation ou par centrifugation (Alba Mendoza, 1999; Benyahia et Zein, 2003; Chimi, 2006).

Les opérations de broyage et de pressage des olives, exposées à l'air libre provoquent l'oxydation des acides gras insaturés et par conséquent la formation d'hydroperoxydes qui peuvent se décomposer en produits volatils conduisant à un état de rancissement oxydatif de l'huile qui peut être déclassée par ses propriétés organoleptiques défectueuses (Rahmani et Saari-Csallany, 2000; Chimi, 2006).

I.1.2.5.2. Système d'extraction par centrifugation

Le système de centrifugation exploite les différences existant entre les poids spécifiques de la phase solide (grignons) et les phases liquides (huile et margines), les séparateurs employés sont des centrifugeuses, généralement, horizontales (Uzzan, 1994; Koutsaftakis et Stefanodakis, 1995).

a/ Système d'extraction par centrifugation à 3 phases

Ce système nécessite deux centrifugations : la première vise à séparer les phases solide (grignons) et liquide (l'huile et margines) et la seconde à séparer les phases liquide-liquide (l'huile des margines). Avec ce système, il est nécessaire de fluidifier la masse d'olive, en fonction de sa texture, en utilisant une quantité variable d'eau, entre 50 et 70 % à une température comprise entre 25 °C et 35 °C (Alba Mendoza, 1999; Chimi, 2006; Del Caro *et al.*, 2006).

b/ Système d'extraction par centrifugation à 2 phases

Avec ce type de séparateur, une centrifugation suffit pour séparer l'huile du grignon humidifié par les eaux de végétation sans fluidification de la masse d'olive (Koutsaftakis et Stefanodakis, 1995; De Stefano *et al.*, 1999). Du fait de l'ajout d'eau, le séparateur à 3 phases engendre de grandes quantités de margines, par rapport au séparateur à 2 phases donnant ainsi, une huile appauvrie en composés hydrosolubles : composés phénoliques, composés aromatiques et vitamines (Angerosa et Di Giovacchino, 1996; Lesage-Meessen *et al.*, 2001; Gimeno *et al.*, 2002).

Les huiles d'olive vierges obtenues par le système de centrifugation sont moins acides que celles obtenues par pression, et présentent des teneurs plus élevées en α tocophérol, en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols particulièrement, dans le cas du système de centrifugation à 2 phases, donnant ainsi des huiles de meilleure qualité organoleptique et d'une plus grande stabilité oxydative (Angerosa et Di Giovacchino, 1996; Cortesi *et al.*, 2000b; Salvador *et al.*, 2003; Del Caro *et al.*, 2006).

Cependant, le type de séparateurs (à 3 ou à 2 phases) n'a pas d'incidence sur les paramètres physico-chimiques de l'huile d'olive vierge ni sur la composition en acides gras (Cortesi *et al.*, 2000a; Gimeno *et al.*, 2002; Salvador *et al.*, 2003).

I.2. L'huile d'olive

I.2.1. Classification de l'huile d'olive

L'huile d'olive vierge obtenue par simple pression des fruits mûrs ou par centrifugation à froid comprend diverses appellations : vierge extra, vierge ou vierge fine, vierge courante et vierge lampante (Perrin, 1992; Lerma-Garcia *et al.*, 2008).

La mesure de l'acidité, de l'indice de peroxyde, de l'absorbance dans l'UV de l'huile, ainsi que les caractéristiques organoleptiques caractérisent la catégorie d'appartenance. Ces mesures représentent les paramètres de qualité de l'huile d'olive vierge (Christopoulou *et al.*, 1995; Fedeli, 1999). Les différentes catégories d'huile d'olive ainsi que les limites des critères de qualité établies par le COI (2003), sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II : Les différentes catégories d'huile d'olive et leurs critères de qualité
(COI, 2003)

Huile Paramètre	Huile d'olive vierge extra	Huile d'olive vierge	Huile d'olive vierge courante	Huile d'olive vierge lampante
Caractéristiques organoleptiques -Fruité -Défaut	Me >0 Me = 0	Me >0 0 < Me < 2.5	Me = 0 2.5 < Me < 6.0	Me > 6.0
Acidité libre (% d'acide oléique)	≤ 0,8	≤ 2	≤ 3,3	> 3,3
Indice de peroxyde (meq O₂/Kg)	≤ 20	≤ 20	≤ 20	Non limité
Extinction spécifique (UV) -K₂₃₂ -K₂₇₀	≤ 2.5 ≤ 0.22	≤ 2.6 ≤ 0.25	≤ 0.3	/ /

Me : médiane.

I.2.3. La composition de l'huile d'olive

L'huile d'olive est constituée d'une part lipidique prédominante, comprenant les triglycérides et les acides gras libres, une petite fraction non glycéridique et des composés hydrophiles dans une moindre proportion (Mariani et Fedeli, 1993; Berra, 1998). Les constituants de l'huile d'olive sont souvent classés en deux catégories : la fraction saponifiable constituée d'acides gras et de leurs dérivés, et la fraction insaponifiable qui comprend les stérols, les alcools aliphatiques, les pigments, les hydrocarbures, les composés aromatiques, les tocophérols et les composés phénoliques (Inglese, 1994; Berra, 1998; Ollivier *et al.*, 2004).

I.2.3.1. La fraction saponifiable

I.2.3.1.1. Les glycérides

Les glycérides ou les acyl-glycérols sont représentés en majorité dans l'huile d'olive par les triglycérides (plus de 95 % des lipides totaux) et les diglycérides (environ 2,6 %) (Naudet, 1992; Zarrouk *et al.*, 1996). Les triglycérides qui s'accumulent dans les vacuoles du mésocarpe des olives, constituent, pratiquement dans leur intégralité l'huile d'olive (Çavusoglu et Oktar, 1994; Ryan *et al.*, 1998; Sanchez Cacas *et al.*, 1999). Les principaux triglycérides de l'huile d'olive sont : la trioléine « OOO » (40 à 60 %), la dioléopalmitine « POO » (10 à 20 %), la dioléolinoléine « OOL » (10 à 20 %), la palmitooléolinoléine « POL » (5 à 7 %) et la dioléostéarine « SOO » (3 à 7 %) (Ryan *et al.*, 1998; Abaza *et al.*, 2002).

I.2.3.1.2. Les acides gras

La composition en acides gras totaux est un paramètre de qualité et d'authenticité des huiles d'olives. Comparée à d'autres huiles végétales, l'huile d'olive est caractérisée par sa richesse en acides gras monoinsaturés, et présente de faibles teneurs en acides gras saturés (Ajana *et al.*, 1998; Salas *et al.*, 2000; Keceli et Gordon, 2001).

L'huile d'olive présente un profil en acides gras dominé par l'acide oléique (C₁₈:1) présent en grande quantité (55 à 83 %), et renferme des teneurs moindres en acide linoléique (C₁₈:2), en acide palmitique (C₁₆:0) et en acide stéarique (C₁₈:0), et en quantités faibles les acides palmitoléique (C₁₆:1), linoléique (C₁₈:3) et arachidique (C₂₀:0). Les acides margarique (C₁₇:0), margaroléique (C₁₇:1), gadoléique (C₂₀:0), behénique (C₂₂:0) et lignocérique (C₂₄:0) sont présents en très faibles quantités (inférieur à 0.2 %) (Ryan *et al.*, 1998; Mordret, 1999; Ait Yacine *et al.*, 2002; Baccouri *et al.*, 2008c).

D'après Perrin, (1992) et Baccouri *et al.* (2008c), de toutes les huiles végétales, l'huile d'olive est celle qui présente le plus fort rapport acides gras monoinsaturés/acides gras polyinsaturés. Cette particularité confère à l'huile d'olive une plus grande stabilité à l'auto-oxydation.

I.2.3.2. La fraction insaponifiable

I.2.3.2.1. Les stérols

Les stérols représentent les constituants majeurs de la fraction insaponifiable de l'huile d'olive. Ils sont présents sous forme libre ou estérifiée avec les acides gras (Philips *et al.*, 2002).

Les principaux stérols de l'huile d'olive sont le β -sitostérol, qui est le plus abondant (plus de 93%), le Δ -5-avenastérol, le campestérol, le stigmastérol. D'autres stérols sont également

présents mais en très faibles quantités, à savoir : le cholestérol, le Δ -7-stigmastérol, le Δ -7-avenastérol et le campestanol. Les teneurs en stérols varient en fonction de la variété et de la maturité des olives (Uzzan, 1992; Ajana *et al.*, 1998; Pardo *et al.*, 2007).

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

I.2.3.2.2. Les substances aromatiques

Il existe plus de cent composés responsables de l'arôme délicat et unique de l'huile d'olive, ces composés proviennent des fruits et sont formés durant le broyage et le malaxage des olives (Salas *et al.*, 2000; Angerosa *et al.*, 2001). Ces arômes sont un mélange de composés volatils : les aldéhydes saturés et insaturés, les alcools, les esters et les cétones (Kiritsakis, 1998; Morales *et al.*, 2005).

La formation de certains composés volatils notamment, les composés aliphatiques en C₆, se fait à partir des 13 hydroperoxydes, produits par l'oxydation des acides gras polyinsaturés (linoléique et linoléinique) grâce à l'action d'une lipoxigénase (Salas *et al.*, 2000; Jahouach-Rabai *et al.*, 2008; Baccouri *et al.*, 2008a). Le clivage des 13- hydroperoxydes des acides linoléique et linoléinique donne des fragments carbonyles C₆; ces fragments subissent une série de réactions d'isomérisation, de réductions et d'estérifications (Salas *et al.*, 2000; Zunin *et al.*, 2004; Dhifi *et al.*, 2005). La figure 1 résume la biosynthèse des composés aromatiques sous l'action de la lipoxigénase.

D'autres composés volatiles se forment durant le métabolisme des acides gras et des acides aminés (désamination) aboutissant à la production des acides acétique et propionique, d'aldéhydes, d'alcools et d'esters (Luna *et al.*, 2006).

La teneur en composés volatils est tributaire de l'activité des enzymes de la voie de la lipoxigénase qui varient selon le cultivar et d'autres facteurs à savoir : le degré de maturité des olives, le stockage des olives, l'opération de lavage, le temps et la température du malaxage, les conditions climatiques et le taux d'attaque par les parasites (Miliauskas *et al.*, 2004; Runcio *et al.*, 2008).

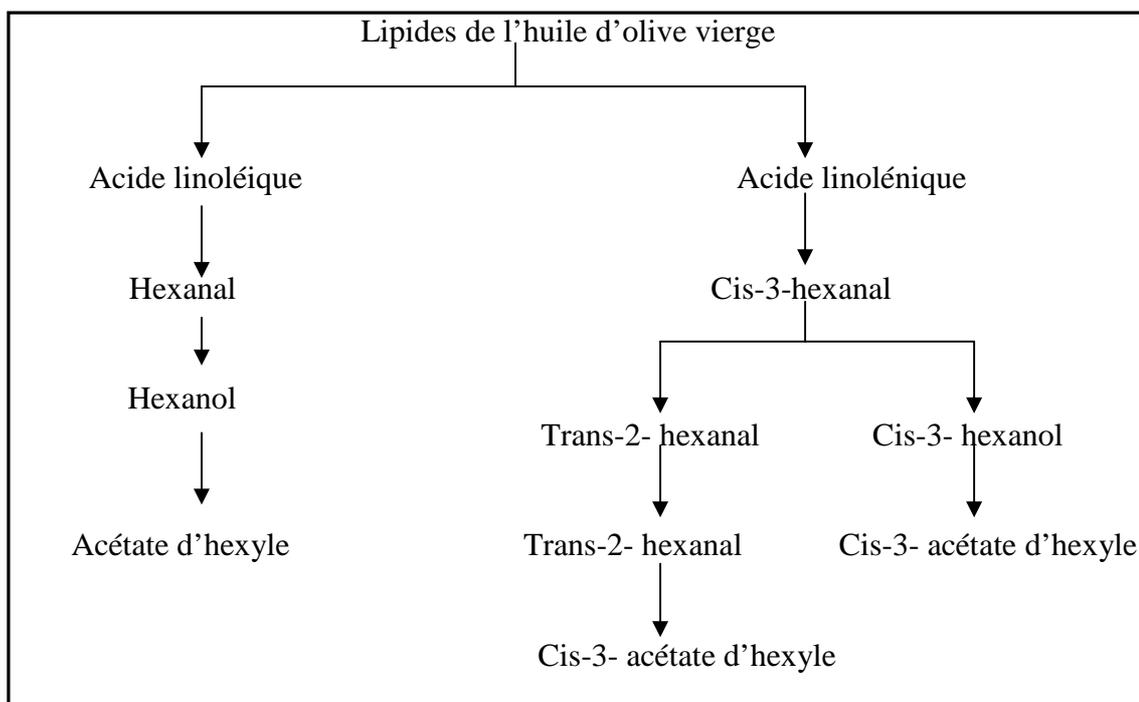


Figure 1 : Biosynthèse des composés aromatiques par la voie de la lipoxygénase à partir des acides linoléique et linoléique (Zunin *et al.*, 2004).

I.2.3.2.3. Les tocophérols

Les tocophérols, ou vitamine E (figure 2), sont des composants importants de l'huile d'olive en raison de leur contribution à sa stabilité oxydative et à ses qualités nutritionnelles. Ils agissent comme inhibiteurs de l'oxydation lipidique. L' α -tocophérol est un inhibiteur de la formation d'isomères trans et agit en désactivant l'oxygène singulet (Kiritsakis et Osman, 1995; Le Grusse, 2003; Paz Aguelira *et al.*, 2005).

Ils se présentent sous différentes formes (α , β , γ et δ) qui se distinguent entre elles par le nombre et la position des groupements méthyles fixés sur le noyau (Soulier et Farines, 1992; Poisson et Narce, 2003).

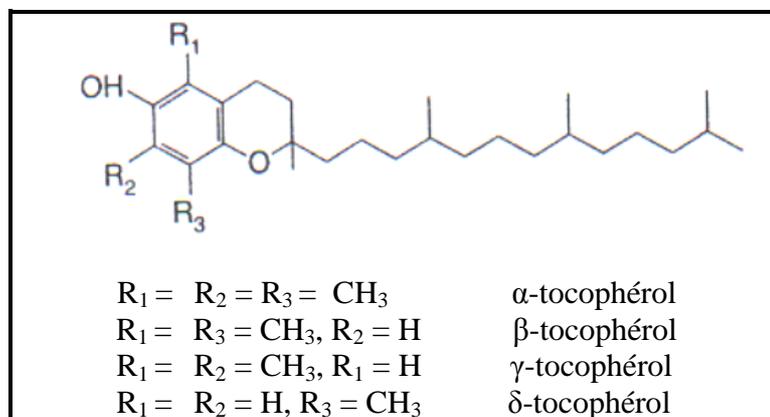


Figure 2 : Structure des tocophérols (Soulier et Farines, 1992)

Dans l'huile d'olive, les tocophérols se trouvent sous forme libre ou estérifiée et dans plus de 95 % sous forme d' α tocophérol, laquelle présente la plus forte activité antioxydante (Ryan *et al.*, 1998; Matos *et al.*, 2007b; Schwartz *et al.*, 2008). L' α -tocophérol agit en prévenant l'action de l'oxygène singulet, initiateur de la peroxydation des lipides et en inhibant l'oxydation des acides gras insaturés. Elle présente également un effet de synergie avec le β -carotène en le protégeant contre l'oxydation (Kiritsakis et Osman, 1995; Lo Curto *et al.*, 2001; Kalogeropoulos *et al.*, 2007). C'est également un antioxydant qui neutralise les radicaux libres (Poisson et Narce, 2003).

Le contenu en tocophérols dépend étroitement de la variété et du degré de maturité des fruits (Ryan *et al.*, 1998; Quiles *et al.*, 2002). Les teneurs en α -tocophérol et en tocophérols totaux diminuent au cours de la maturation (Gimeno *et al.*, 2002; Matos *et al.*, 2007b)

I.2.3.2.4. Les pigments

La couleur de l'huile d'olive est dépendante de sa composition en pigments, qui est considérée comme un paramètre de qualité (Roca et Minguez-Mosquera, 2001; Beltran *et al.*, 2005; Matos *et al.*, 2007a). Cette couleur verdâtre à jaune est due essentiellement à la présence des chlorophylles, phéophytines et caroténoïdes. Cette variation de la couleur de l'huile d'olive est due aux concentrations en différents pigments (Cichelli et Pertesama, 2004).

Deux groupes de pigments sont identifiés dans l'huile d'olive, ceux qui se présentent naturellement dans le fruit d'olive : chlorophylle *a* et *b*, lutéine, β -carotène, anthéroxanthine, violaxanthine et neoxanthine et ceux qui se forment durant le processus d'extraction de l'huile d'olive : phéophytine *a* et *b*, lutéoxanthine, auroxanthine et mutatoxanthine (Minguez-Mosquera *et al.*, 1990; Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, 1996b; Gallardo-Guerrero *et al.*, 2002; Criado *et al.*, 2007)

a. / Les chlorophylles

Les chlorophylles appartiennent à la famille des tetrapyroles, ce sont des composés photosensibilisateurs impliqués dans le passage de l'oxygène de l'état triplet à l'état singulet, favorisant ainsi la photo-oxydation de l'huile d'olive (Kiritsakis et Osman, 1995; Rahmani et Saari-Scallany, 1998; Schoefs, 2002). D'après Perrin (1992) et Ben Tekaya et Hassouna (2005), le pouvoir prooxydant des chlorophylles est fonction de leur concentration dans l'huile d'olive mais aussi de leur nature. Ce pouvoir est plus important pour les phéophytines *b* suivie des phéophytines *a* ensuite des chlorophylles *b* et enfin des chlorophylles *a*.

Parmi toutes les huiles végétales, l'huile d'olive vierge a la plus haute teneur en chlorophylles totales. Ces teneurs dépendent non seulement du stade de maturation des olives,

mais aussi du cultivar, elles sont comprises entre 1 et 10 ppm (Rahmani et Saari-Scallany, 2000; Cichelli et Pertesama, 2004; Criado *et al.*, 2007).

Les travaux de Minguez-Mosquera *et al.* (1990), Salvador *et al.* (2001), El Antari *et al.* (2003a) et Criado *et al.* (2007), montrent que la teneur en chlorophylles totaux diminue au cours de la maturation des olives et selon Garcia *et al.* (1996), ces pigments sont remplacés par les anthocyanes.

Durant l'extraction de l'huile, la libération d'acides induit une perte en chlorophylles *a* et *b*, par transformation en phéophytines *a* et *b* suite à la perte du Mg^{2+} (Minguez-Mosquera *et al.*, 1990; Pokorny *et al.*, 1995; Giuffrida *et al.*, 2006).

b. / Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des tétraterpènes qui possèdent une activité antioxydante (Soulie et Farines, 1992 ; Salvador *et al.*, 2001; Giuffrida *et al.*, 2006). Ils sont connus comme inhibiteurs de la photooxydation en désactivant l'oxygène singulet induit par les pigments chlorophylliens (Perrin, 1992; Kiritsakis et Osman, 1995).

L'huile d'olive renferme des teneurs en caroténoïdes allant de 1 à 100 ppm, ces teneurs varient en fonction du cultivar et du degré de maturité des fruits (Cichelli et Pertesama, 2004; Criado *et al.*, 2007). Ces pigments tendent à se dégrader au cours de la maturation (Minguez-Mosquera *et al.*, 1990; Ait Yacin *et al.*, 2001; El Antari *et al.*, 2003a).

I.2.3.2.5. Les composés phénoliques

Les « composés phénoliques » ou « polyphénols » regroupent un vaste ensemble de molécules qui présentent dans leur structure au moins un cycle aromatique à 6 carbones lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles. Leur classification est basée sur le nombre et la nature des substituants (Ribéreau-Gayon, 1968; Lugasi *et al.*, 2003; Hennebelle *et al.*, 2004)

Pendant le processus d'extraction de l'huile d'olive, principalement pendant le pressage et le malaxage, l'hydrolyse des glycosides et des esters d'acides phénoliques présents dans la pulpe des olives, a lieu et solubilise dans l'huile une partie des composés phénoliques libérés (Vazquez-Roncero, 1978; Perrin, 1992; Caruso *et al.*, 2000).

L'huile d'olive renferme plus de 30 composés phénoliques (Visioli et Galli, 1994; Tuck et Hayball 2002).

Les composés phénoliques majeurs de l'huile d'olive sont les aglycones de l'oleuropéine et de ligstroside, l'hydroxytyrosol, le tyrosol, l'acide elenolique, l'acide élénolique glucoside et la forme dialdéhydrique de l'acide elenolique liée à l'hydroxytyrosol (3,4-DHPEA-EDA) et au tyrosol (*p*-HPEA-EDA) (Montedoro *et al.*, 1993; Caponio *et al.*, 1999; Nissiotis et

Tasioula-Margari, 2002; Medina *et al.*, 2006). L'huile d'olive contient également des acides cinnamiques (caféique, p-coumarique et sinapique,...) et des acides phénoliques simples (gallique, homovanillique, p-hydroxybenzoïque, protocatéchique, vanillique et syringique,...), les flavonoïdes principalement : la lutéine et l'apigénine et de faibles teneurs en lignanes à savoir : le pinorésinol, l'acetoxypinorésinol (Brenes *et al.*, 1999; Oliveras-Lopez *et al.*, 2007; Bester *et al.*, 2008).

Les structures des principaux composés phénoliques de l'huile d'olive sont représentées dans la figure 3.

L'huile d'olive est quasiment la seule huile contenant des quantités notables de substances phénoliques naturelles, qui lui confèrent son goût si particulier à la fois amère et fruité et contribuent à la bonne stabilité de l'huile à l'auto-oxydation (Perrin, 1992; Ollivier *et al.*, 2004; Tura *et al.*, 2007). L'oleuropéine glucoside et ses aglycones plus les acides phénols dérivés des acides benzoïques et cinnamiques sont responsables du goût amer de l'huile d'olive (Visioli et Galli, 1994; Tsimidou, 1998; Morello *et al.*, 2004). Selon Leger (2003), les composés phénoliques participent à la stabilité de l'huile : soit par piégeage des radicaux libres, soit par chélation des métaux de transition tel que l'ion ferreux Fe^{+} , par exemple, qui est un catalyseur d'oxydation.

D'après Baldioli *et al.* (1996), Monti *et al.* (2001), Nissiotis et Tasioula-Margari, (2002), Oliveras-Lopez *et al.* (2007), Huang et Sumpio (2008), les polyphénols de l'huile d'olive ayant la plus forte activité antioxydante sont ceux appartenant au groupe d'*ortho*-diphénol principalement l'hydroxytyrosol.

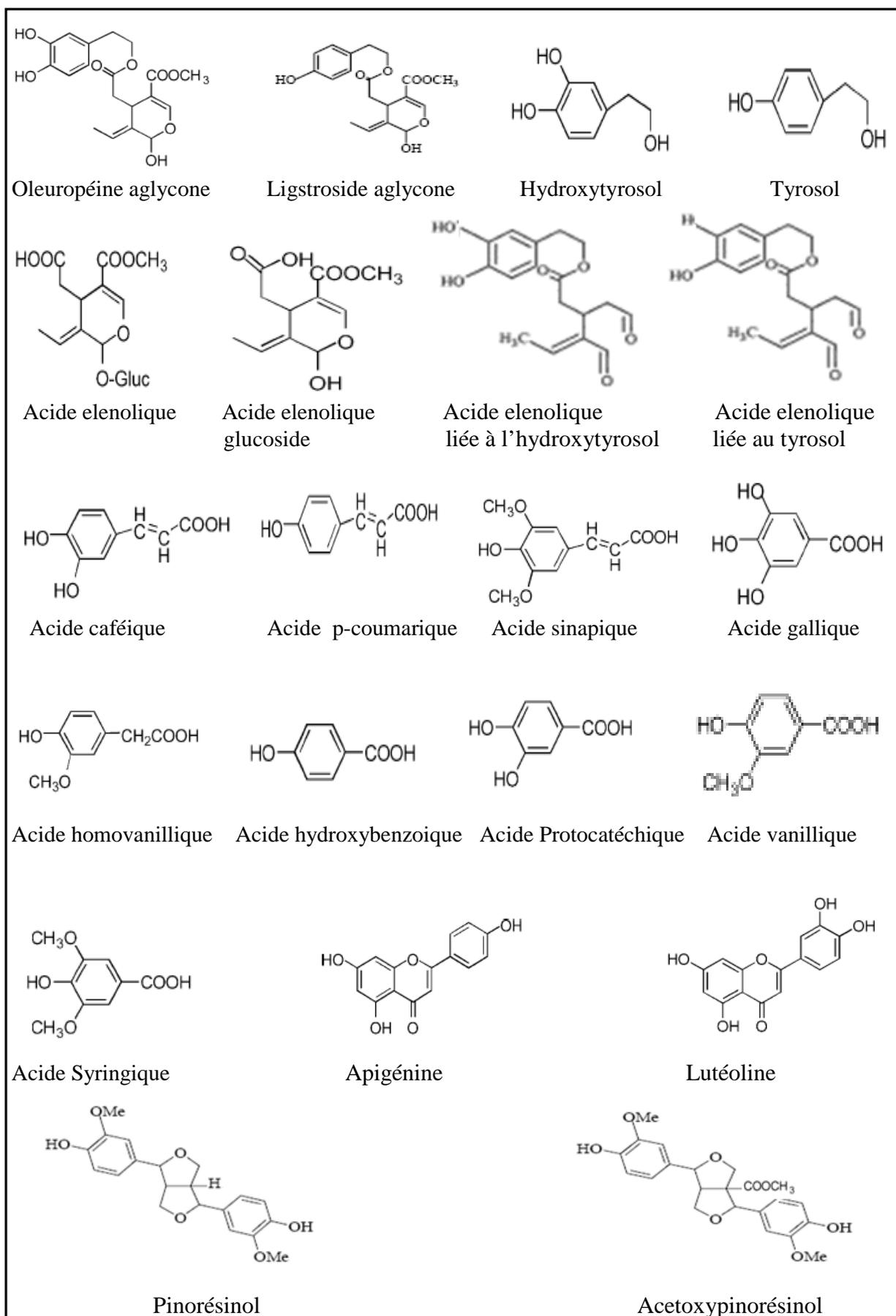


Figure 3 : Structure des principaux composés phénoliques de l'huile d'olive (Ryan *et al.*, 2002; Ollivier *et al.*, 2004; Servili *et al.*, 2004).

I.2.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques de l'huile d'olive

L'huile d'olive est l'une des huiles les plus appréciées des consommateurs pour des raisons organoleptiques (riche en arômes et en saveurs), mais aussi pour des raisons de santé humaine comme agent préventif (Pinelli *et al.*, 2003; Samaniego-Sanchez *et al.*, 2007). L'huile d'olive est riche en substances antioxydantes (polyphénols, caroténoïdes, tocophérols...) qui sont impliqués dans la protection contre certaines maladies : maladies cardiovasculaires, certains cancers et maladies neuro-dégénératives (Alzheimer, Parkinson) (Servili *et al.*, 2004). Ces maladies étant liées aux espèces réactives de l'oxygène impliquées dans le stress oxydant, syndrome au cours duquel les éléments pro-oxydants surpassent les capacités antioxydantes de l'organisme (Pincemail *et al.*, 2002; Manach *et al.*, 2003; Hennebelle *et al.*, 2004), il en résulte un déséquilibre entre antioxydants et pro-oxydants en faveur de ces derniers (Favier, 2003; Moffarts *et al.*, 2005; Koechlin-Ramonatx, 2006).

L'huile d'olive de par sa richesse en acides gras monoinsaturés, principalement, l'acide oléique, contribue à l'augmentation du taux des HDL, diminue et empêche l'oxydation des LDL, diminuant ainsi le risque d'athérosclérose et des maladies cardiovasculaires (Jacotot *et al.*, 1985; Delplanque *et al.*, 1999; Visioli *et al.*, 2002). La teneur élevée en acide oléique diminue le risque des cancers du sein, des ovaires, de l'estomac et du colon (Owen *et al.*, 2003; Colomer et Menéndez, 2006 ; Baccouri *et al.*, 2008c).

L'intérêt nutritionnel du squalène (hydrocarbure), des stérols et des tocophérols réside dans leur potentiel à diminuer les concentrations plasmatiques du cholestérol total et des LDL (Kafatos, 1995; Sotiroudou et Kyrtopoulos, 2008). Selon Assmann et Wahrburg (2000), Leon Carralafuente (2003) et Schwartz *et al.* (2008), le squalène et le β -sitostérol et l' α -tocophérol auraient un rôle très important contre le développement de certains cancers (du colon, du sein et de l'estomac).

Selon Berra (1998), Salvador *et al.* (1998) et Giuffrida *et al.* (2006), les caroténoïdes sont considérés comme agents préventifs des maladies cardiovasculaires et réduisent les risques d'apparition des cancers. La lutéine et la zéaxantine préviennent les pathologies dégénératives et la formation de la cataracte (Beltran *et al.*, 2005).

Les composés phénoliques réduisent le risque des maladies coronariennes, principalement les *ortho*-diphénols : hydroxytyrosol et oleuropéine aglycone (Visioli et Galli, 1998; Tuck et Hayball, 2002; Huang et Sumpio, 2008). Ils possèdent aussi une propriété antiathérogène en agissant comme inhibiteurs de l'oxydation des LDL (Visioli et Galli, 1994; Caruso *et al.*, 2000; Oliveras-Lopez, 2007). L'oleuropéine aglycone agit sur l'activité immunitaire des macrophages, elle exerce une action positive sur la formation des bactéricides (Visioli et Galli, 1998; Ollivier *et al.*, 2004).

Les polyphénols de l'huile d'olive, essentiellement l'hydroxytyrosol, l'acide caféique et la rutine sont dotés d'une propriété anti-inflammatoire (Leger *et al.*, 1999; Leon Carralafuente, 2003). Selon Berra (1998), certains composés phénoliques de l'huile d'olive possèdent un effet cholérétique, en stimulant la sécrétion biliaire, cette action est due, à l'acide caféique et l'acide gallique. L'hydroxytyrosol présente une action antithrombotique et une action vasorelaxante (Visioli et Galli, 1998; Leger *et al.*, 1999; Servili *et al.*, 2004). Il serait impliqué dans l'inhibition de la prolifération des cellules cancéreuses (Servili *et al.*, 2004).

L'hydroxytyrosol, l'oleuropéine et ses aglycones ont une activité antimicrobienne contre *Haemophilus influenza*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus* et *Moraxella catarhalis*. L'oleuropéine inhibe le développement de *Mycoplasma hominis*, *M. fermentans*, *M. pneumoniae* et *M. pirum* (Bisignano *et al.*, 1999; Tuck et Hayball, 2002; Medina *et al.*, 2006).

I.3. Influence du cultivar sur les caractéristiques de l'huile d'olive

L'huile d'olive est extraite à partir des fruits de différentes variétés d'olives, chaque cultivar montre des caractéristiques physiques et biochimiques spécifiques (Matos *et al.*, 2007b).

L'influence de la variété sur la composition chimique de l'huile pourrait être considérée comme « directe » s'il est fait référence à des variations spécifiques des constituants individuels à degré de maturation égal et comme « indirect » si elle est liée à des variations de la maturation des fruits (Inglese, 1994).

I.3.1. Effet variétal sur le poids des olives

Le poids des fruits d'olives peut être considéré comme une caractéristique variétale (Abaza *et al.*, 2002; El Antari *et al.*, 2003a). Abaza *et al.* (2002) ont pu distinguer deux groupes considérant le poids moyen des olives de sept variétés tunisiennes. Le premier est représenté par les cultivars ayant des fruits de grosseur moyenne à poids moyen supérieur ou égal à 2 g (*Sayali, Chetoui, Chemchali et Gerbouli*) et le second groupe renferme les variétés à petits fruits dont le poids moyen est inférieur ou égal à 1g (*Zalmati, Chemlali et Ouslati*).

I.3.2. Effet variétal sur la maturité des olives

L'indice de maturité est un paramètre d'une importance fondamentale pour la différenciation variétale (Sanchez casas *et al.*, 1999). Il augmente avec la maturation des olives.

D'après les résultats de Sanchez casas *et al.* (1999) et Yousfi *et al.* (2006), la variété espagnole *Cacerena* se distingue par sa maturité précoce. Par ailleurs, les variétés *Carrasquena* et *Arbequina* sont caractérisées par une maturation moyenne et les variétés *Morisca* et *Picual* par une maturation tardive.

I.3.3. Effet variétal sur la teneur en huile des olives

La teneur en huile des olives mûres varie de 5 à 35 % d'huile sur matière fraîche et 20 à 70 % sur matière sèche (Avidon *et al.*, 1997). Sanchez casas *et al.* (1999) ont obtenu des rendements moyens en huile de 34 %, 46 %, 47 % et 51 % pour les variétés espagnoles *Cacerena, Carrasquena, Verdial de Badajoz* et *Morisca* respectivement.

Selon Abaza *et al.* (2002), la teneur en huile est un critère à envisager lors d'une sélection variétale.

I.3.4. Effet variétal sur les paramètres de qualité de l'huile d'olive

Les indices de qualité de l'huile d'olive à savoir : l'acidité, l'indice de peroxyde et l'absorbance spécifique dans l'UV sont influencés par la variété (Pardo *et al.*, 2007; Torres et Maestri, 2006). Le tableau III résume les résultats de quelques travaux démontrant l'influence de la variété sur les indices de qualité de l'huile d'olive.

Tableau III : Valeurs d'acidité, indice de peroxyde et absorbance dans l'UV de quelques variétés d'huiles d'olive.

Variété	Origine	Acidité (% d'acide oléique)	I.P. (meq d'O ₂ /Kg)	K ₂₇₀	K ₂₃₂	Auteur
<i>Carrasquena</i> <i>Cacerena</i> <i>Morisca</i> <i>Verdial de Badajoz</i>	Espagne	0,13 0,06 0,11 0,17	10,57 8,32 16,99 16,47	0,17 0,11 0,20 0,26	1,61 1,52 2,00 1,71	Sanchez casas <i>et al.</i> (1999)
<i>Nocellara del Belice</i> <i>Biancolilla</i> <i>Cerasuola</i> <i>Tonda Iblea</i>	Italie	0,26 0,14 0,14 0,66	4,4 5,2 5,1 12,2	0,11 0,09 0,15 0,13	1,58 1,88 1,79 1,65	Dugo <i>et al.</i> (2004)

Concernant la qualité sensorielle de l'huile d'olive, des différences significatives sont obtenues entre les variétés sur l'attribut amertume (Pardo *et al.* 2007)

I.3.5. Effet variétal sur la composition en triglycérides

Les travaux de Abaza *et al.* (2002) ont montré une grande variabilité de la fraction triglycéridique en fonction des cultivars. La teneur en trilinoleine (LLL) varie en fonction des variétés, elle est supérieure à 0,5 % pour les variétés *Oueslati*, *Gerboui* et *Chetoui*, alors qu'elle est inférieure à 0,05 % pour les variétés *Chemchali*, *Chemlali*, *Sayali* et *Zalmati*. Pour la variété *Sayali*, son pourcentage est extrêmement faible (1/10^{ème} de celui de la variété *Chetoui*).

I.3.6. Effet variétal sur la composition en acides gras

La composition en acides gras, permet de faire une distinction entre les variétés (Caselli *et al.*, 1993; Aranda *et al.*, 2004; Torres et Maestri, 2006). Chaque variété conserve son propre rythme de biosynthèse des acides gras (El Antari *et al.*, 2003b)

Des variations cultivars dépendantes de la teneur en acide oléique et linoléique ont été mises en évidence sur des échantillons d'olives à complète maturité prélevés à partir d'un

vaste nombre de cultivars Italiens (Inglese, 1994). Certains acides gras minoritaires peuvent également être utilisés comme indicateur variétal (acides palmitoléique, héptadécanoïque et arachidique (El Antari *et al.*, 2003a).

Les teneurs obtenues par Torres et Meastri (2006) et Zarrouk *et al.* (2008) sur la composition en acides gras sont représentées dans le tableau IV où des différences significatives entre variétés ont été notées.

Tableau IV : Composition en acides gras de quelques variétés d'huiles d'olive vierges (%).

Variété	Origine	C ₁₆ : 0	C ₁₆ : 1	C ₁₈ : 0	C ₁₈ : 1	C ₁₈ : 2	C ₁₈ : 3	Auteur
<i>Arbequina</i>	Espagne	17,8	2,98	1,39	61,3	15,8	0,70	Torres <i>et al.</i> (2006)
<i>Ascolana</i>		16,7	1,69	1,93	66,5	13,4	0,61	
<i>Manzanilla</i>		16,9	2,21	1,43	66,04	12,5	0,75	
<i>Nevadillo</i>		13,7	1,34	2,02	74,6	7,73	0,64	
<i>Jemri Guerdan</i>	Tunisie	18,07	2,37	2,67	63,22	12,29	0,69	Zarrouk <i>et al.</i> (2008)
<i>Chemlali</i>		15,01	1,80	3,22	69,54	9,17	0,69	
<i>Zarzis</i>		18,23	1,88	2,68	58,83	17,09	0,66	
<i>Zalmati</i>								

Les travaux de Abaza *et al.* (2002) portant sur la détermination de la composition en acides gras de sept variétés d'huile d'olive tunisiennes ont révélé que la variété *Sayali* se distingue des autres par un taux d'acide oléique élevé (81,7 %), des pourcentages en acide linoléique et palmitique bas (3,7 % et 11 % respectivement) et une prédominance nette d'acides gras insaturés (86,6 %) par rapport aux acides gras saturés.

I.3.7. Effet variétal sur la composition en stérols

La composition de la fraction stérolique présente un intérêt dans la caractérisation variétale des huiles d'olive vierges et dans la détection des adultérations (Ajana *et al.*, 1998; Pardo *et al.*, 2007).

Dans le tableau V sont consignées les teneurs en stérols totaux de quelques variétés d'huile d'olive espagnoles.

Tableau V : Teneurs en stérols totaux de quelques variétés d'huile d'olive espagnoles (Aparicio et Luna, 2002).

Variété	<i>Arbequina</i>	<i>Cornicabra</i>	<i>Hojiblarca</i>	<i>Redondilla</i>	<i>Sivellenca</i>	<i>Picual</i>
Stérols totaux (ppm)	1432,6	1519,3	1946,2	2032,3	2002,3	1310,2

Caselli *et al.* (1993), ont étudié la composition en stérols de trois variétés italiennes, la teneur en stérols totaux montre des différences significatives entre les trois cultivars. Une distinction peut être faite entre les variétés *Leccino* et *Frantoio* concernant les teneurs notamment en β -sitostérol et Δ -5-avénastérol.

Trois variétés d'huile portugaises étudiées (*Cobrançosa*, *Madural* et *verdial transmontana*) montrent des différences significatives concernant la teneur en Δ -7-avénastérol (0,43 mg/100g, 0,37 mg/100g et 0,25 mg/100g, respectivement) et plus significatives concernant la teneur en Δ -5-avénastérol (20,91 mg/100g, 12,22 mg/100g, 10,26 mg/100g, respectivement) (Matos *et al.*, 2007b).

I.3.8. Effet variétal sur la composition de la fraction volatile

La variété semble être un facteur déterminant de la qualité organoleptique, notamment de la composition en substances aromatiques, cette composition présente un intérêt dans la caractérisation variétale de l'huile d'olive, et dans l'évaluation de son authenticité (Ryan *et al.*, 1998; Aparicio et Luna, 2002; Baccouri *et al.*, 2008a).

Selon les travaux de Luna *et al.* (2006), réalisés sur 39 variétés, les teneurs en composés volatils totaux, varient entre 9,83 et 35 ppm. 74% des variétés étudiées, appartiennent à la classe ayant une teneur comprise entre 15 et 25 ppm; six variétés ont montré des valeurs inférieures à 15 ppm et quatre variétés présentent des teneurs allant de 25 à 30 ppm. La plus grande valeur est enregistrée par la variété *Chemlal de la Kabylie* (38 ppm), suivie de *Nevado Azul* de l'Espagne (32,9 ppm).

Dhifi *et al.* (2006), ont réalisé une étude similaire sur la fraction volatile de sept variétés d'huile d'olive vierge tunisiennes dans le but d'une caractérisation variétale. Les résultats obtenus ont montré que l'huile *Chemlali* est la plus riche quantitativement en composés volatils totaux, alors que l'huile *Chetoui* renferme les plus faibles teneurs.

Les composés volatils majoritaires des sept variétés étudiées sont ceux en C₆ générés par la voie de la lipoxygénase, il s'agit donc du même déterminisme génétique pour tous les cultivars, de même pour les huiles européennes (Dhifi *et al.*, 2005). Par contre, selon Tura *et al.* (2004) cités par Dhifi *et al.* (2005), les huiles australiennes auraient un déterminisme génétique différent. Ces différences sont exclusivement en relation avec le cultivar (Dhifi *et al.*, 2006).

I.3.9. Effet variétal sur la composition en tocophérols

Selon Lo Curto *et al.* (2001), la teneur en tocophérols des huiles d'olive vierge est largement influencée par la variété (tableau VI).

Selon une étude menée par Matos *et al.* (2007b), les 3 variétés d'huiles portugaises étudiées *Cobrançosa*, *Madural* et *verdial transmontana* peuvent être facilement distinguées selon leurs teneurs en tocophérols totaux qui sont respectivement de 260,6 ppm, 225,8 ppm et 139,4 ppm et par les teneurs individuelles en α et γ tocophérols. Des différences significatives dans la teneur en α -tocophérol entre deux variétés italiennes *Leccino* (ayant la teneur la plus élevée) et *Istrskabelika* ont été notées par Bester *et al.*, (2008).

Les travaux de Uceda et Hermoso, cités par Aparicio et Luna (2002) et ceux de Tura *et al.* (2007), indiquent que la teneur en tocophérols est étroitement liée à la variété.

Tableau VI : Teneurs moyenne en tocophérols des huiles d'olive vierge de quelques variétés italiennes (Lo Curto *et al.*, 2001).

Variété	α -tocophérol (ppm)	β -tocophérol (ppm)	γ -tocophérol (ppm)	tocophérols totaux (ppm)
<i>Biancolilla</i>	199,6	2,7	9	208,3
<i>Nocellara del Belice</i>	277,0	4,8	9,7	290,5
<i>Verdese</i>	263,6	2,4	3,9	269,2
<i>Carolea</i>	293,8	16,8	10,8	306,7
<i>Roggiannese</i>	185,8	8,9	5,2	192,3
<i>Rossanese</i>	314,1	2,2	21,8	325,3

I.3.10. Effet variétal sur la composition en pigments

Le cultivar n'a pas d'influence sur la nature des pigments de l'huile d'olive vierge, mais il influe sur la teneur en chlorophylles et caroténoïdes (Roca et Minguez-Mosquera, 2001; Giuffrida *et al.*, 2006).

Dans le tableau VII sont consignées les teneurs en pigments chlorophylles et caroténoïdes de quelques variétés.

Tableau VII : Teneurs en pigments chlorophylles et caroténoïdes de quelques variétés d'huiles d'olive vierge.

Variété	Origine	Chlorophylles (mg/Kg)	Caroténoïdes (mg/Kg)	Auteur
<i>Chemlal</i>	Algérie	9,6	7,6	Tamendjari <i>et al.</i> (2004)
<i>Cerasuola</i> <i>Nocellara</i> <i>Biancolilla</i>	Italie	26,1 31,97 24,95	27,44 18,32 19,66	Giuffrida <i>et al.</i> (2006)
<i>Frantoio</i> <i>Leccino</i> <i>Mitria</i> <i>Regina</i> <i>Cornarol</i>	Italie	7,06 3,32 50 9,35 1,28	7,03 4,28 27,36 10,06 1,67	Tura <i>et al.</i> (2007)

I.3.11. Effet variétal sur la composition en polyphénols

La composition en polyphénols de l'huile d'olive est largement influencée par le cultivar (Brenes *et al.*, 1999; Cerretani *et al.*, 2004; Ocakoglu *et al.*, 2009). Elle constitue une caractéristique intrinsèque de la variété permettant la caractérisation variétale des huiles d'olives (Inglese *et al.*, 1994; Cortesi *et al.*, 2000b; Oliveras-Lopez *et al.*, 2007). Dans le tableau VIII sont représentées les teneurs en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols de quelques variétés.

L'étude menée par Bester *et al.* (2008), montre que les teneurs en polyphénols totaux et individuels sont plus élevées pour la variété *Istrskabelika* que *Leccino*. El Antari *et al.* (2003a), ont divisé les variétés étudiées en deux groupes suivant la teneur en polyphénols totaux. Les variétés *Picholine* (marocaine), *Manzanilla* (espagnole) et *Blanquita* (portugaise) donnent des huiles à teneurs en polyphénols totaux supérieures à 200 ppm et les variétés *Leccino* (italienne) et *Arbequina* (espagnole) donnent des huiles ayant des teneurs inférieures à 200 ppm.

Les résultats de certains auteurs sur la composition en polyphénols individuels de quelques variétés d'huile d'olive vierge sont résumés dans le tableau IX.

Tableau VIII : Teneurs en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols de quelques variétés d'huiles d'olive vierge (exprimées en équivalent acide gallique).

Variété	Origine	Polyphénols totaux (mg/Kg)	<i>ortho</i> -diphénol (mg/Kg)	Auteur
<i>Frantoio</i>	Italie	558	337	Ranalli <i>et al.</i> (1997)
<i>Leccino</i>		321	201	
<i>Maurino</i>	Italie	236		Ninfali <i>et al.</i> (2001)
<i>Coratina</i>		254		
<i>Nostrana di Brisighella</i>	Brisighella	277,43	153,5	Cerretani <i>et al.</i> (2004)
<i>Ghiacciolo</i>		432,53	177,77	
<i>Chemlal</i>	Algérie	396,3		Tamendjari <i>et al.</i> (2004)
<i>Jemri Guerdan</i>	Tunisie	199,20	364,12	Zarrouk <i>et al.</i> (2008)
<i>Chemlali Zarzis</i>		213,24	431,13	
<i>Zalmati</i>		188,12	506,62	
<i>Memecik</i>	Turquie	330,92		Ocakoglu <i>et al.</i> (2009)
<i>Domat</i>		301,99		
<i>Nizip Yaglik</i>		102,40		
<i>Gemlik</i>		245,21		
<i>Ayvalik</i>		186,25		

Tableau IX : Composition en polyphénols individuels de quelques variétés d'huile d'olive vierge selon certains auteurs

Variété	Origine	Tyro.OH.	Tyro.	O. Agl.	L. Agl.	O.Agl.dA	L. Agl.dA	Apigénine	Lutéoline	Auteurs
<i>Frantoio</i> <i>Coratina</i>	Italie	35	13	82	14	195	88	8	4	Cortesi <i>et al.</i> (2000b)
		13	10	127	20	230	99	6	8	
<i>Emilia</i> <i>Ginestrino</i> <i>Leccio</i> <i>Maremmano</i>	Italie	13,4	6,9	146,6		115,5		0,5	3,1	Pinelli <i>et al.</i> (2003)
		55,2	17,1	91,5		nd		0,3	1,7	
		2,9	2,1	15,5		64,8		trace	1,7	
<i>Istrskabelika</i> <i>Leccino</i>	Slovénie	8	10	83,1	46,3	23,8	31,3	1,8	3,1	Bester <i>et al.</i> (2008)
		2,5	3	27,8	9,6	5,3	3,5	0,7	1,8	
<i>Memecik</i> <i>Domat</i> <i>Nizip Yaglik</i> <i>Gemlik</i> <i>Ayvalik</i>	Turquie	2,32	14,17					10,66	2,4	Ocakoglu <i>et al.</i> (2009)
		4,25	10,51					0,92	0,4	
		0,07	0,25					1,46	nd	
		1,03	4,02					4,6	1,46	
		0,26	0,45					nd	0,31	

Tyrosol (Tyro); Hydroxytyrosol (Tyro.OH.); Oleuropéine aglycone (O. Agl.); Ligstroside aglycone (L. Agl.); forme dialdéhydrique de l'oleuropéine aglycone (O.Agl.dA); forme dialdéhydrique de Ligstroside aglycone (L.Agl.dA); non détecté (nd)

I.3.12. Effet variétal sur la stabilité de l'huile d'olive

La stabilité oxydative est l'un des paramètres les plus importants pour estimer la qualité de l'huile d'olive vierge. Le test de stabilité oxydative évalue le degré de susceptibilité d'une huile à l'oxydation (Zarrouk *et al.*, 2008). La mesure de la stabilité d'un corps gras est réalisée par des tests de vieillissement accélérés; le matériel le plus utilisé est l'appareil de « Rancimat ». Il permet de déterminer le temps de résistance d'un échantillon à l'oxydation par conductimètre (Rolland, 2004; Oueslati *et al.*, 2009). D'après les résultats de Ceci et Carelli (2007), Tura *et al.* (2007), Oueslati *et al.* (2009), l'indice de stabilité oxydative varie en fonction du cultivar. Dans le tableau X sont représentés les résultats obtenus par certains auteurs concernant quelques variétés d'huile d'olive.

Tableau X : Indices de stabilité oxydative de quelques variétés d'huile d'olive vierge.

Variété	Origine	Stabilité oxydative (h)	Auteur
<i>Nostrana di Brisighella</i> <i>Ghiacciolo</i>	Brisighella	43,10 36,19	Cerretani <i>et al.</i> (2004)
<i>Arbequina</i> <i>Picual</i> <i>Barnea</i> <i>Frantoio</i> <i>Manzanilla Criolla</i>	Argentine	8,1 14,7 9,7 10,0 18,6	Ceci et Carelli (2007)
<i>Chemlali</i> <i>Fakhari</i> <i>Zarrazi</i> <i>Dhokar</i>	Tunisie	81,4 70,4 75,7 20,6	Oueslati <i>et al.</i> (2009)

Des corrélations entre la stabilité oxydative et la teneur en polyphénols totaux ont été établies par Baldioli *et al.* (1996), Nissiotis et Tasioula-Margari (2002) et Tura *et al.* (2007).

Selon Zarrouk *et al.* (2008), malgré la teneur élevée en polyphénols totaux de la variété *Zalmati* (506,62 mg d'E.A.C./Kg), elle présente l'indice de stabilité le plus bas. Ceci est dû à sa faible teneur en *ortho*-diphénols (188,12 mg d'E.A.C./Kg) et son faible rapport acide oléique/acide linoléique (3,4) par rapport aux autres variétés. A l'opposé, *Chemlali Zarzis* qui présente une moindre teneur en polyphénols totaux (431,13 mg d'E.A.C./Kg) mais une teneur plus importante en *ortho*-diphénols (213 mg d'E.A.C./Kg) et un rapport acide oléique /acide linoléique plus élevé (7,6) possède l'indice de stabilité le plus élevé. Les mêmes résultats sont obtenus par Cerretani *et al.* (2004), sur deux variétés d'huile d'olive vierge.

I.3.13. Effet variétal sur l'activité antioxydante de l'huile d'olive

Différentes méthodes sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile d'olive :

- Activité antiradicalaire contre le radical DPPH (Keceli et Gordon, 2001; Gorinstein *et al.*, 2003; Ramadan *et al.*, 2006; Samaniego-Sanchez *et al.*, 2007).
- Méthode au β -carotène-linoléate (Gorinstein *et al.*, 2003 ; Samaniego-Sanchez *et al.*, 2007) qui mesure le degré de dégradation du β -carotène par les produits de dégradation de l'acide linoléique.
- Test ABTS qui consiste à déterminer le pouvoir antioxydant d'un composé vis-à-vis du radical 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) ($\text{ABTS}^{\circ+}$), et de le comparer à un antioxydant de référence, le Trolox (Acide 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylique) (Gorinstein *et al.*, 2003).
- Test ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) dont le principe consiste à mesurer la perte en fluorescence d'une protéine sous l'action des radicaux libres, tandis qu'en présence d'antioxydant sa fluorescence persiste (Ninfali *et al.*, 2001; Samaniego-Sanchez *et al.*, 2007).

Keceli et Gordon (2001), ont évalué l'activité antioxydante de trois variétés d'huile d'olive turques par la méthode du DPPH et ont exprimé les résultats en terme de concentration nécessaire pour l'inhibition de 50 % du radical DPPH (EC_{50}), ils ont observé une influence significative de la variété ($p < 0.05$) sur les EC_{50} . La variété *Ayvalik* ayant montré la valeur EC_{50} la plus faible (0,35 mol), présente la meilleure activité antioxydante vis-à-vis du radical, et la variété *Sari ulak tarsus* présente la plus faible activité antioxydante avec une valeur EC_{50} la plus élevée (0,52 mol).

Les travaux de Ninfali *et al.* (2001), Gorinstein *et al.* (2003) et Baccouri *et al.* (2008b), montrent que l'activité antioxydante de l'huile d'olive est modulée par la variété, et ce, en procédant par différentes méthodes (ORAC, ABTS, β -carotène-linoléate). Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau XI.

Tableau XI : Activité antioxydante de quelques variétés d'huile d'olive déterminées par différentes méthodes

Variété	Origine	DPPH (% RSA)	β carotène -linoléate (% AA)	ABTS (mmol équivalent Trolox/Kg)	ORAC (mmol équivalent Trolox/g)	Auteur
<i>Morino</i> <i>Frantoio</i> <i>Coratina</i>	Italie				5,08 3,60 4,83	Ninfali <i>et al.</i> (2001)
<i>Arbequina</i> <i>Hojiblanca</i> <i>Picual</i>	Espagne	23,1 26,8 29,4	33,2 38,1 40,4	1,76 2,14 2,64		Gorinstein <i>et al.</i> (2003)
<i>Chetoui</i> <i>Chemlali</i>	Tunisie			1,22 0,26		Baccouri <i>et al.</i> (2008b)

RSA : Radical Scavenging Activity.

AA : Aactivité Antioxydante.

Matériel et Méthodes

La présente étude porte sur des échantillons d'huile d'olive de la compagnie agricole 2007/2008 ; dix variétés d'olives et six échantillons d'huiles d'olive commerciales.

II.1. Matériel végétal

Huit variétés d'origines différentes et cultivées sur la même parcelle sont choisies : *Akerma*, *Bouguenfous*, *Hamra*, *Limli*, *Rougette de Mitidja*, *Tabelout*, *Takestit* et *Zelteni*. Elles appartiennent au verger de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (I.T.A.F.V.) situé à Takerietz, commune de Souk-Oufella, Wilaya de Bejaia. Les variétés *Chemlal* et *Azeradj* proviennent respectivement des fermes pilotes de Tazmalt et de Sedouk, Wilaya de Bejaia.

Les caractéristiques et répartition géographique des variétés étudiées sont représentées dans le tableau I, en se référant au catalogue des variétés algériennes de l'olivier de l'I.T.A.F.V.

Tableau XII : Caractéristiques et origines des variétés d'olives

Variété	Répartition géographique	Caractéristiques
<i>Akerma</i>	Hamam Guergour (Setif)	Variété à double utilisation ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base arrondie, légère asymétrie.
<i>Azeradj</i>	Sedouk	Variété à double utilisation ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base arrondie, légère asymétrie.
<i>Bouguenfous</i>	Bouandas	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base tronquée, légère asymétrie.
<i>Chemlal</i>	Bejaia, Tizi Ouzou	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base arrondie, asymétrique.
<i>Hamra</i>	Jijel	Variété à huile ; fruit de forme ovoïde, au sommet arrondi et à la base arrondie, légère asymétrie.
<i>Limli</i>	Sidi Aich	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base tronquée, légère asymétrie.
<i>Rougette de Mitidja</i>	Mitidja	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base tronquée, légère asymétrie.
<i>Tabelout</i>	Zones montagneuses du golf Bejaia	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base tronquée, légère asymétrie.
<i>Takestit</i>	El Kseur	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base tronquée, légère asymétrie.
<i>Zelteni</i>	Chechar (Khenchla)	Variété à huile ; fruit de forme allongée, au sommet pointu et à la base tronquée, légère asymétrie.

II.1.1. Récolte

La récolte est réalisée au début du mois de décembre 2007, à la main et autour de l'arbre. Les olives de chaque variété sont effeuillées et bien homogénéisées ; une partie est utilisée pour la détermination de l'indice de maturité, du poids des fruits et de la teneur en eau, le reste est utilisé pour l'extraction de l'huile.

II.1.2. Extraction de l'huile

Après effeuillage et lavage des olives, l'huile est extraite à l'aide d'un oléodoseur (Levi-Dilon-Lerogsane), suivant les étapes ci après :

- Le broyage par un broyeur à marteau ;
- Le malaxage dans des bacs en inox tournant pendant 15 min sans ajout d'eau et 15 min après l'ajout de 50 ml d'eau tiède ($30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) pour 920 g de pâte d'olive ;
- La centrifugation par une centrifugeuse verticale à panier ayant une vitesse de 4845 tours /min;

Après décantation, les huiles sont recueillies dans des flacons en verre fumé, étiquetés et stockés à 6°C dans l'attente d'être analysées.

II.2. Echantillons d'huiles commerciales

Les huiles commerciales sont collectées dans des huileries de la vallée de la Soummam. Elles sont obtenues par le système d'extraction super-pressé pour l'échantillon C_1 et par centrifugation à deux phases pour les huiles C_2 , C_3 , C_4 , C_5 et C_6 .

II.3. Déterminations sur les d'olives

II.3.1. Indice de maturité

L'indice de maturité est un paramètre qui peut nous renseigner d'une façon globale sur la maturité des fruits (Ajana *et al.*, 1999).

La détermination de l'indice de maturité est réalisée selon la méthode mise au point par l'Institut National des Recherches Agronomiques de Jean en Espagne, en se basant sur la couleur des fruits (épiderme et pulpe). Cent fruits choisis au hasard sur un lot d'un kilogramme d'olives sont sectionnés selon leur diamètre axial et l'indice de maturité est déterminé par notation visuelle selon une échelle de coloration de 0 à 7 variant d'une peau vert 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 taches rougeâtres ;
- 3 : épiderme rougeâtre à violet ;
- 4 : épiderme noir à 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.

II.3.2. Poids des fruits

Le poids des fruits qui permet d'évaluer la grosseur du fruit, est mesuré par une balance de précision à 0,001g près, sur le même lot utilisé pour l'indice de maturité. Un échantillon de cent fruits est prélevé au hasard puis pesé (El Antari *et al.*, 2003a).

II.3.3. Humidité des fruits

L'humidité des fruits est déterminée suivant le protocole de Tovar *et al.* (2002). Un échantillon de 70 g (environ 40 fruits entiers) est séché à l'étuve à 105°C pendant 42 h, celui-ci est régulièrement pesé après refroidissement au dessiccateur jusqu'à obtention d'un poids constant. La teneur en eau est alors déterminée selon 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.

II.3.4. Détermination de la teneur en huile des olives (rendement en huile)

Le rendement en huile est déterminé selon la méthode décrite dans le règlement CEE /2568/91 relatif aux caractéristiques des fruits d'olives et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyses y afférentes, par extraction sur soxhlet avec de l'hexane, à partir de la pâte d'olive préalablement séchée à l'étuve à 100°C. La teneur en huile est déterminée après évaporation du solvant, dans un premier temps au rota-vapeur ensuite à l'étuve jusqu'à obtention d'un poids constant.

La teneur en huile exprimée en pourcentage en masse de la matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$R (\%ms) = m_1 * 100/m_0$$

m₀ et m₁ sont les masses en g respectives de la prise d'essai et de l'extrait.

II.4. Détermination des indices de qualité de l'huile

II.4.1. Acidité

L'acidité qui mesure le pourcentage en acides gras libres, est déterminée selon la méthode décrite dans le règlement CEE /2568/91. Le principe de la méthode consiste en un titrage des acides gras libres présents par une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium.

Un échantillon d'huile de 5 g est solubilisé dans 20 ml d'un mélange (V/V) d'oxyde diéthylique-éthanol à 95 %. Le mélange est titré, en agitant, avec une solution d'hydroxyde de potassium à 0,1 N jusqu'à virage de l'indicateur coloré (la phénolphtaléine), vers le rose, persistant pendant au moins 10 secondes. L'acidité est exprimée en pourcentage en poids d'acide oléique, elle est égale à :

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

V et V_0 : volume en ml de KOH nécessaire pour neutraliser l'échantillon et le blanc, respectivement ;

N : normalité de l'hydroxyde de potassium ;

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

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

II.4.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde représente la quantité de substances de l'échantillon exprimée en meq d' O_2 actif /Kg, qui oxydent l'iodure de potassium.

La méthode utilisée est celle du règlement CEE /2568/91. Un échantillon de 2 g d'huile est introduit dans une fiole à col rodé, 10 ml de chloroforme sont ajoutés, tout en agitant, afin de dissoudre l'huile ; suite à quoi 15 ml d'acide acétique glaciale et 1 ml d'iodure de potassium saturé sont ajoutés, la fiole est bouchée rapidement, puis agitée vigoureusement pendant 1 minute et laissée à l'obscurité pendant 5 min à température ambiante. 75 ml d'eau distillée sont ensuite ajoutées ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon, le tout est titré avec le thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$) à 0,01 N en agitant vigoureusement. L'indice de peroxyde est donné par l'expression ci après :

$$I_P = N (V - V_0) * 1000 / m \text{ (meq d}'O_2 \text{ /Kg)}$$

Où:

N: normalité $Na_2S_2O_3$;

V, V_0 : volume en ml de $Na_2S_2O_3$ nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc, respectivement ;

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

II.4.3. Absorbance spécifique dans l'Ultraviolet

Cette méthode consiste à déterminer les absorbances à 232 nm et à 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydroperoxydes et des produits secondaires d'oxydation (Alais et *al.*, 1999).

L'extinction spécifique est déterminée selon la méthode décrite par le COI (1996). Après filtration des échantillons d'huiles à travers le sulfate de sodium anhydre, une solution à 1% d'huile dans le cyclohexane est préparée. L'absorbance est mesurée à deux longueurs d'ondes 232 nm et 270 nm. Les coefficients d'extinction K_{232} et K_{270} sont exprimés par l'équation suivante :

$$K = A_{\lambda} / C * l$$

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

A_{λ} : absorbance à λ nm ;

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

l : épaisseur de la cuve en centimètre.

II.5. Composition en acides gras

➤ Préparation des esters méthyliques

Les esters méthyliques sont préparés selon la norme internationale E.C. (2002), relative aux corps gras d'origine animale et végétale. Un échantillon de 0,5 g d'huile est dissout dans 5 ml d'hexane, 0,5 ml d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium 2 N préalablement préparée, sont ajoutés, le tout est agité pendant 30 secondes, puis centrifugé à 3000 tours/min, 2 gouttes du surnageant sont prélevées et mélangées avec 1 ml d'hexane.

➤ Dosage quantitatif et qualitatif

Un volume de 1 μ l des esters méthyliques est injecté dans un chromatographe en phase gazeuse de type Chrompack C 9002 dont les conditions d'analyse sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau XIII : Conditions opératoires pour l'analyse des esters méthyliques

Chromatographe	Chrompack C 9002
Détecteur Injecteur Gaz vecteur	FID SPLIT 1/100 Azote
Colonne capillaire	DB 23
Longueur Diamètre intérieur Epaisseur	30 m 0,32 mm 0,25 µm
Température : Injecteur Détecteur Four	250 °C 250 °C 200 °C
Vitesse du papier	0,5 cm/min

Les acides gras sont identifiés en fonction de leur temps de rétention au niveau de la colonne par comparaison à des acides gras étalons. Et la détermination de la teneur en chaque acide gras identifié est faite par calcul des aires des pics correspondant.

II.6. Dosages des chlorophylles

Le protocole décrit par Pokorny et *al.* (1995), est adopté pour estimer la teneur en chlorophylles en mesurant l'absorbance des échantillons d'huiles aux longueurs d'ondes 630, 670 et 710 nm et en utilisant le tétrachlorure de carbone comme blanc. Les teneurs en chlorophylles sont déterminées par la formule suivante :

$$\text{Ch (mg/Kg)} = [(\text{Abs}_{670} - (\text{Abs}_{630} + \text{Abs}_{710}) / 2) * 345,3] / 10$$

Où : Ch est la teneur en chlorophylle exprimée en mg/Kg d'huile ;

Abs : absorbance à la longueur d'onde indiquée ;

345,3 : coefficient qui varie selon le spectrophotomètre utilisé.

II.7. Dosage des antioxydants

II.7.1. Dosage des tocophérols

Les tocophérols sont dosés par HPLC dont les conditions sont résumées ci-dessous

Colonne : Allsphere ODS2 (Alltech) 5µm 25 cm x 4.6 mm i.d. 4 mm.

- Phase mobile: acetonitrile/méthanol 50/50
- Débit : 1,3 ml/min
- Détecteur : Tocophérols: 292 nm

- Echantillon : 500 mg/10 ml Acétone
- Quantité injectée: 20 μ L

II.7.2. Dosage des caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes totaux des échantillons d'huiles est déterminée selon la méthode de Salvador et *al.* (2001). 3 g d'huile filtrée sont introduits dans des fioles de 10 ml, le volume est ajusté avec du cyclohexane. L'absorbance est mesurée à 470 nm. Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en mg d'équivalent β -carotène, en se référant à une courbe d'étalonnage (annexe 1).

II.7.3. Extraction et dosage des composés phénoliques

II.7.3.1. Extraction

L'extraction des composés phénoliques est réalisée en suivant le protocole de Monteleon et *al.* (1998). Un gramme d'huile filtrée est dissout dans 10 ml d'hexane, cette solution est introduite dans une colonne d'octadecyle C₁₈ préalablement activée avec 6 ml de méthanol et 10 ml d'hexane. La fraction polaire est éluée avec du méthanol à 95 %.

II.7.3.2. Dosage des polyphénols totaux

L'estimation de la teneur en composés phénoliques totaux est réalisée selon la méthode de Favati et *al.* (1994). Dans des fioles de 20 ml, sont mélangés 2 ml d'extrait méthanolique, 5 ml d'eau distillée et 0,5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu. Après 3 min de réaction, 4 ml d'une solution de carbonate de sodium à 10 % sont ajoutés, le volume est ajusté à 20 ml avec de l'eau distillée. Après 90 min d'incubation à l'obscurité, le mélange est filtré et l'absorbance est mesurée à 760 nm. Les concentrations en polyphénols totaux des extraits méthanoliques d'huile d'olive sont exprimées en mg d'E.A.G./Kg, en se référant à une courbe d'étalonnage (annexe 1).

II.7.3.3. Dosage des *ortho*-diphénols

La méthode est basée sur la formation d'un complexe jaune entre les *ortho*-diphénols et les ions molybdates. La concentration en *ortho*-diphénols des extraits méthanoliques de nos échantillons d'huile est déterminée suivant la méthode de Bendini et *al.* (2003). 4 ml d'extrait méthanolique sont additionnés de 1 ml de la solution de molybdate de sodium dihydraté à 5% dans l'éthanol-eau (V/V), le mélange est agité vigoureusement au vortex pendant 1 min, puis mis à l'obscurité pendant 15 min et enfin filtré. L'absorbance est mesurée à 370 nm. Les concentrations en *ortho*-diphénols des échantillons sont déterminées à partir d'une courbe

d'étalonnage (annexe 1) réalisée avec l'acide caféique comme standard et les résultats sont exprimés en mg d'E.A.C./Kg d'huile d'olive.

II.8. Détermination de l'indice d'amertume

L'indice d'amertume (K_{225}) est évalué par extraction des composés amers de l'huile d'olive, suivant la méthode décrite par Morello *et al.* (2004). L'extraction est réalisée avec une colonne d'octadecyle C_{18} préalablement activée (6 ml de méthanol et 10 ml d'hexane). Un échantillon d'1 g d'huile filtrée est dissout dans 4 ml d'hexane puis introduit dans la colonne, celle-ci est lavée avec 10 ml d'hexane pour éliminer toute trace de gras. La fraction polaire retenue est éluée avec 25 ml du méthanol à 95 %. L'absorbance est mesurée à 225 nm contre un blanc (méthanol). Les résultats sont exprimés en terme d'absorbance.

II.9. Etude de l'activité antioxydante

II.9.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est l'aptitude d'un composé dit « antioxydant » à donner un électron pour prévenir les molécules telles que les lipoprotéines et les acides gras insaturés de l'action des espèces radicalaires (Dorman *et al.*, 2003). Ce pouvoir mesure la capacité d'un antioxydant à réduire le fer ferrique Fe^{3+} ($FeCl_3$) en fer ferreux Fe^{2+} ($FeCl_2$) en présence d'un agent chromogène ferricyanure de potassium $K_3 [Fe (CN)_6]$.

Le protocole de Singh *et al.* (2006) est utilisé pour évaluer le pouvoir réducteur des extraits méthanoliques. Un volume de 2,5 ml d'extrait méthanolique est additionné à 2,5 ml de tampon phosphate (0,2 M ; pH 6,6) et 2,5 ml ferricyanure de potassium $K_3 [Fe (CN)_6]$ à 1%. Après incubation à 50°C pendant 20 min, 2,5 ml d'acide trichloroacétique à 10 % sont ajoutés au mélange puis, centrifugé pendant 10 min à 3000 tours/min. 2,5 ml du surnageant sont mélangés à 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de chlorure ferrique ($FeCl_3$) à 0,1 %. L'absorbance est mesurée à 700 nm après 10 min de réaction. La quantité d'antioxydants ayant un pouvoir réducteur est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage (annexe 2) réalisée avec l'acide caféique.

II.9.2. Activité antiradicalaire sur le radical DPPH

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

La délocalisation d'un électron autour de la molécule de DPPH, qui est un radical stable, est responsable de sa couleur violet foncé, en présence d'une substance antioxydante et après

libération d'un proton ou d'un électron, la forme oxydée du radical DPPH est réduite, se traduisant par une dissipation de la couleur violette à la faveur de la couleur jaune (Gordon, 2001). Nous avons testé cette activité sur l'extrait méthanolique et sur l'huile.

II.9.2.1. Activité antiradicalaire des extraits méthanoliques

Une quantité d'une solution méthanolique du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) à 10^{-4} M est ajoutée à une même quantité d'extrait méthanolique d'huile d'olive. L'absorbance est mesurée à 515 nm après 60 min d'incubation à l'obscurité. Un témoin est préparé en mélangeant une quantité de la solution de DPPH avec la même quantité de méthanol (Amro *et al.*, 2002). L'activité antiradicalaire est exprimée en mg d'E.A.G/Kg d'huile. La formule suivante est utilisée pour calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH :

$$AA (\%) = [(Abs_t - Abs_e) / Abs_t] * 100$$

Abs_t et Abs_e sont les absorbances respectives du témoin et de l'échantillon après 60 min.

II.9.2.2. Activité antiradicalaire de l'huile

Le protocole décrit par Ramadan *et al.* (2003), avec modifications, est utilisé pour mesurer l'activité antiradicalaire de l'huile. Différentes concentrations en huile sont préparées en dissolvant une quantité d'huile dans un volume approprié de toluène ; 1 ml de la solution toluédique, ainsi préparée est mélangée avec 3,9 ml de la solution DPPH fraîchement préparée dans le toluène le mélange est agité vigoureusement au vortex pendant 10 seconde. L'absorbance est mesurée à 515 nm après 60 min d'incubation à l'obscurité. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est calculé la concentration inhibant 50 % du radical est déterminée graphiquement, puis comparée à celles de l'acide gallique, de l'acide caféique, de la BHA et de l' α -tocophérol.

II.9.3. Activité scavenger sur le peroxyde d'hydrogène

Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) est capable de diffuser rapidement à travers les membranes cellulaires (Bonfont-Rousselot *et al.*, 2003). Il peut se former in vivo par deux grands systèmes : l'action d'oxydases par réduction de l'anion superoxyde (O₂⁻) et de l'action de la superoxyde dismutase par dismutation du radical O₂⁻ (Gulçin *et al.*, 2007). Le peroxyde d'hydrogène est un composé non réactif en lui-même, il génère le radical hydroxyle (·OH) très réactif qui résulte de la réaction de Fenton catalysée par les métaux de transitions : $Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + \cdot OH + OH^-$ (Balasundram *et al.*, 2005). Ainsi, l'activité scavenger de l'H₂O₂ est un mécanisme de défense antioxydant important.

La capacité des extraits méthanoliques d'huiles à piéger le peroxyde d'hydrogène est mesurée selon le protocole rapporté par Benkabilia *et al.* (2005), basée sur la méthode de Rush *et al.* (1989) dont le principe consiste en un suivi de la décroissance de la concentration de l' H_2O_2 par spectrophotométrie.

Un volume de 2 ml d'extrait méthanolique est ajouté à 1,2 ml d'une solution de peroxyde d'hydrogène (40 mM) préparée dans un tampon phosphate (0,1 M ; pH 7,4). La concentration de H_2O_2 est déterminée spectrophotométriquement par la mesure de son absorbance à 230 nm (coefficient d'extinction molaire = $81 (M.L^{-1})^{-1}.cm^{-1}$). L'absorbance des échantillons est mesurée à 230 nm après un temps de réaction de 10 min. Le pouvoir antioxydant est exprimé en % d'inhibition du peroxyde d'hydrogène selon la formule suivante :

$$\% \text{ I d}'H_2O_2 = [(A_t - A_e) / A_t] * 100$$

A_t : Absorbance du témoin (2 ml de méthanol (95 %) et 1,2 ml d' H_2O_2) ;

A_e : Absorbance de l'échantillon.

II.9.4. Dégradation du β -carotène par l'acide linoléique

Cette méthode mesure la capacité des antioxydants présent dans les extraits méthanoliques à inhiber la peroxydation lipidique, de ce fait à réduire ou à inhiber la formation d'acides organiques volatiles et d'hydroperoxydes diènes conjugués, résultant de l'oxydation de l'acide linoléique (Sahin *et al.*, 2004 ; Harnafi et Amrani, 2008). La méthode met en jeu la dégradation oxydative du β -carotène en présence d'acide linoléique, elle est mesurée selon la méthode décrite par Gorinstein *et al.* (2003). Une émulsion est préparée en dissolvant 0,25 mg de β -carotène dans 0,25 ml de chloroforme, à laquelle sont ajoutés 20 μ l d'acide linoléique et 200 mg de Tween 20, après évaporation du chloroforme, 50 ml d' H_2O_2 sont ajoutés à l'émulsion. 0,2 ml d'extrait méthanolique sont mélangés avec 4 ml de l'émulsion préparée. Une émulsion blanc est également préparée comme précédemment décrit sans le β -carotène. Un témoin est préparé en remplaçant l'extrait par le méthanol. La mesure de l'absorbance à 470 nm est réalisée à $t = 0$ et à $t = 150$ min après incubation à $50^\circ C$ au bain marie. L'activité antioxydante des extraits est évaluée en terme de pourcentage d'inhibition de la dégradation du β -carotène selon la formule :

$$AA (\%) = ([D\acute{e}gr_{tmn} - D\acute{e}gr_{ech}) / D\acute{e}gr_{tmn}] * 100$$

$D\acute{e}gr_{tmn}$ et $D\acute{e}gr_{ech}$: représentent la dégradation respective du témoin et de l'échantillon.

II.10. Etude statistique

Chaque test est réalisé en trois essais et les résultats représentent la moyenne des trois mesures. Une étude statistique a été réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, et ce, pour chaque paramètre en appliquant une analyse de la variance (ANOVA) suivie du test de Newman-keuls à l'aide d'un logiciel STATISTICA 5.5. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité $p < 0,05$. Les coefficients de corrélation de PEARSON sont réalisés avec le même logiciel.

*Résultats et
Discussions*

III.1. Déterminations sur les olives

II.1.1. Indice de maturité

Les résultats obtenus représentés dans le tableau III, montrent des valeurs de l'indice de maturité comprises entre 2,2 et 4,25. Les variétés *Takesrit*, *Rougette*, *Akerma* et *Limli* présentent des valeurs de cet indice proches (3; 3,1; 3,25 et 3,27) respectivement, dominées par la classe de maturité à épiderme rougeâtre à violet. Malgré l'avancée des dates de récolte (début décembre), la variété *Bouguenfous* se distingue des autres variétés par l'indice de maturité le plus faible (2,2) dominée par la classe de maturité à épiderme vert avec des taches rougeâtres ; ce qui implique que sa vitesse d'entrer en maturité est lente, c'est une variété tardive. Pour les variétés *Zelteni*, *Chemlal* et *Hamra* on note des indices de maturité moyens (3,5 ; 3,66 et 3,81), respectivement. Les variétés *Azeradj* et *Tabelout* enregistrent les indices de maturités les plus élevées (4,2 et 4,25) respectivement, elles font preuve d'une maturation moyenne (du 1 au 15 décembre) en se référant à Sanchez-Casas *et al.* (1999).

La variation de ces valeurs d'une variété à une autre n'est pas due à l'époque de récolte car toutes les variétés ont été récoltées à la même période (début décembre) mais plutôt à l'effet variétal ; suite à des facteurs génétiques, certaines variétés entrent en maturation plus vite que d'autres. Ces différences dans les valeurs de cet indice peuvent être aussi liées à la variation des charges des oliviers, d'après El Antari *et al.* (2000), la charge des arbres en fruits engendre une compétition entre les fruits.

Tableau XIV : Valeurs de l'indice de maturité, poids et humidité des olives.

Paramètres Variété	Indice de maturité	Poids moyen	Humidité %
<i>Akerma</i>	3,25	7,62 ± 0,12 ^f	55,56 ± 1,1 ^d
<i>Azeradj</i>	4,2	4,54 ± 0,05 ^e	57,41 ± 0,54 ^e
<i>Bouguenfous</i>	2,2	1,27 ± 0,03 ^a	49,37 ± 0,39 ^a
<i>Chemlal</i>	3,66	2,12 ± 0,07 ^c	59,02 ± 0,21 ^f
<i>Hamra</i>	3,81	1,34 ± 0,07 ^a	57,89 ± 0,9 ^e
<i>Limli</i>	3,27	1,65 ± 0,05 ^b	56,91 ± 0,35 ^e
<i>Rougette de Mitidja</i>	3,10	2,18 ± 0,04 ^c	59,4 ± 0,37 ^f
<i>Tabelout</i>	4,25	3,11 ± 0,06 ^d	60,48 ± 0,65 ⁱ
<i>Takesrit</i>	3,00	1,59 ± 0,04 ^b	51,07 ± 0,28 ^b
<i>Zelteni</i>	3,5	1,55 ± 0,09 ^b	52,24 ± 0,44 ^c

* les valeurs portant les mêmes lettres dans une même colonne ne présentent aucune différence significative (p<0,05),

* les valeurs du poids et de l'humidité des olives représentent la moyenne ± écart type (n = 3).

III.1.2. Poids des olives

Le poids moyen des fruits montre des valeurs variables (tableau III), des différences significatives sont notées ($p < 0,05$) entre les variétés, néanmoins, aucune différence significative n'est relevée ($p < 0,05$), entre les variétés : *Bouguenfous* et *Hamra*, *Chemlal* et *Rougette* et entre *Limli*, *Takesrit* et *Zelteni*. La variété *Bouguenfous* présente le poids moyen le plus faible (1,24 g) et la variété *Azeradj* le poids moyen le plus élevé (4,51 g).

D'après les résultats obtenus et en se référant à Abaza *et al.* (2002), on peut classer les variétés étudiées par rapport au poids moyen des fruits en trois classes : les variétés à poids faible entre 1 et 2 g (*Bouguenfous*, *Hamra*, *Zelteni*, *Takesrit* et *Limli*) ; les variétés à poids moyen entre 2 et 4 g (*Chemlal*, *Rougette* et *Tabelout*) et les variétés à poids élevé supérieur à 4 g (*Azeradj* et *Akerma*). La description pomologique des fruits montre déjà des différences entre les variétés étudiées, ne serait ce que de point de vue pondéral.

Ait Yacine *et al.* (2001), ont signalé que l'irrigation a une incidence positive sur le poids des drupes ; ils ont noté une augmentation de 20 à 25 % du poids des échantillons irrigués par rapport aux témoins non irrigués.

III.1.3. Teneur en eau des olives

La teneur en eau des fruits révèlent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes variétés d'olives étudiées, sauf entre les variétés *Azeradj*, *Hamra* et *Limli* et entre *Chemlal* et *Rougette* (tableau III). Ces valeurs varient entre un minimum de 49,37 % enregistrée pour la variété *Bouguenfous* et un maximum de 60,48 % notée pour la variété *Tabelout*, traduisant un bon apport hydrique pendant tout le cycle de maturation (Sanchez-Casas *et al.*, 1999). Les valeurs relatives à la teneur en eau sont tributaires des conditions environnementales, dont la pluviométrie et l'irrigation (Tovar *et al.*, 2002). Cette humidité importante de nos olives permet de favoriser le bon déroulement des réactions biochimiques qui s'y produisent.

Un coefficient de corrélation significatif ($p < 0,05$) de 0,63 est établi entre le poids des olives et la teneur en eau.

III.1.4. Teneur en huile des olives

La teneur en huile (en pourcentage de matière sèche) oscille entre 34,91% (*Bouguenfous*) et 61,18 % (*Akerma*) (figure 1).

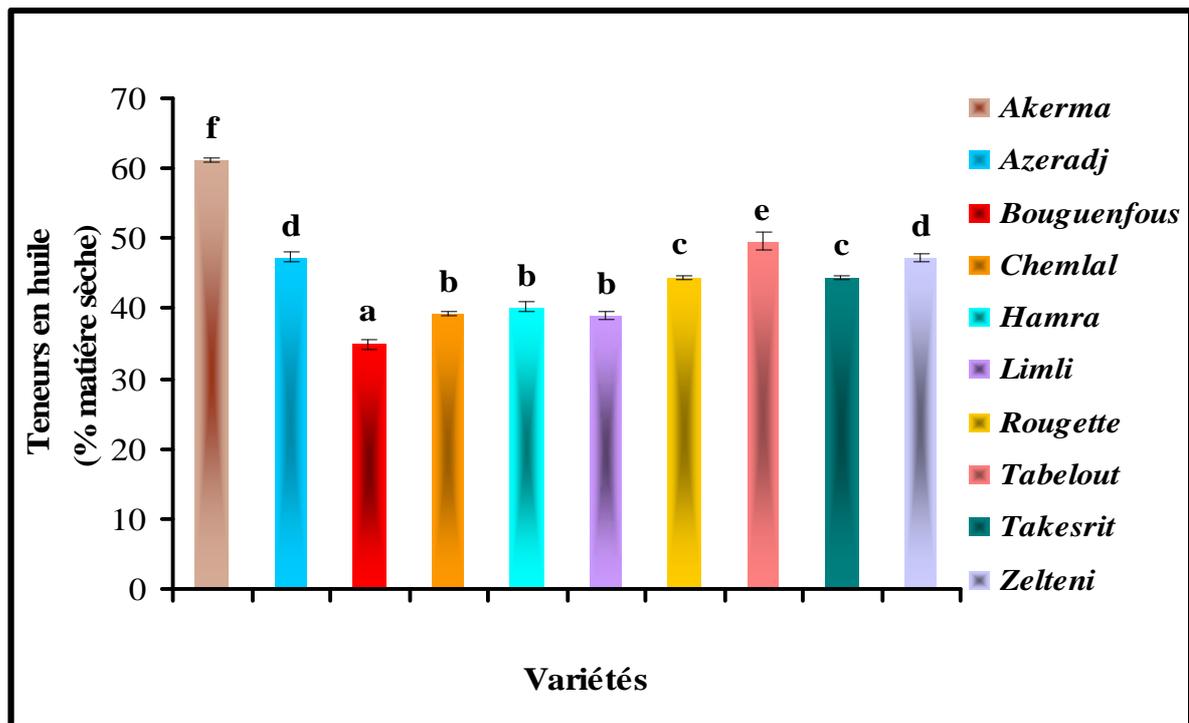


Figure 4 : Teneurs en huiles des différentes variétés d'olives.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Des différences significatives ($p < 0,05$) sont enregistrées entre les cultivars, néanmoins, aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est observée entre les variétés *Chemlal*, *Hamra* et *Limli*, entre *Azeradj* et *Zelteni* et entre *Takesrit* et *Rougette*. L'indice de maturité peut expliquer en plus de l'influence du cultivar les différences obtenues entre les différents échantillons.

Le faible rendement en huile de la variété *Bouguenfous* peut être expliqué par le fait que les olives de cette variété présentent une maturation tardive (indice de maturité faible : 2,2). Ait Yacine *et al.* (2001), ont noté une forte corrélation entre l'indice de maturité et la teneur en huile pour la variété *Picholine* marocaine. Ajana *et al.* (1999), ont également abouti à la même corrélation mais ont constaté que l'augmentation de l'indice de maturité suit celle des teneurs en huile jusqu'à un niveau de maturité.

Une corrélation significative ($p < 0,05$) est notée entre la teneur en huile des différentes variétés étudiées et le poids des olives ($r = 0,86$).

Tous et Rommero (1994), cités par Sanchez casas *et al.* (1999), ont classé les variétés selon leur rendement en huile par rapport à la matière sèche comme suit :

- Variétés présentant un rendement élevé (> 46 %);
- Variétés présentant un rendement moyen (38 à 46 %);
- Variétés présentant un rendement faible (< 38 %).

D'après cette classification, seule la variété *Bouguenfous* est classée dans la catégorie à teneur faible en huile, tandis que les variétés *Akerma*, *Tabeloute*, *Azeradj* et *Zelteni* sont à teneur élevée en huile et les variétés *Rougette*, *Takesrit*, *Hamra*, *Chemlal* et *Limli* à teneurs moyennes, dans les conditions de culture de la station de Takerietz, Tazmalt et Sedouk.

III.2. Indices de qualité de l'huile d'olive

III.2.1. Acidité

L'acidité libre, facteur qui renseigne sur l'altération de l'huile par hydrolyse, montre une fluctuation au sein des variétés (figure 2), on note des différences significatives entre les variétés d'olives étudiées ($p < 0,05$) sauf entre les variétés *Azeradj Rougette* et *Takesrit*, et entre *Azeradj*, *Bouguenfous* et *Takesrit*.

La variété *Chemlal* est intéressante, elle donne l'huile la moins acide avec seulement 0,08 % d'acide oléique alors que la variété *Limli* avec une acidité de 0,46 % d'acide oléique est la plus acide, elle reste néanmoins inférieure à la limite établies par le COI (2003).

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 d'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 de nos huiles extraites des dix variétés. Les huiles des variétés étudiées sont moins acides que les huiles des variétés espagnoles analysées par Ceci et Corelli (2007), pour lesquelles l'acidité libre est comprise entre 0,14 et 0,69 % d'acide oléique.

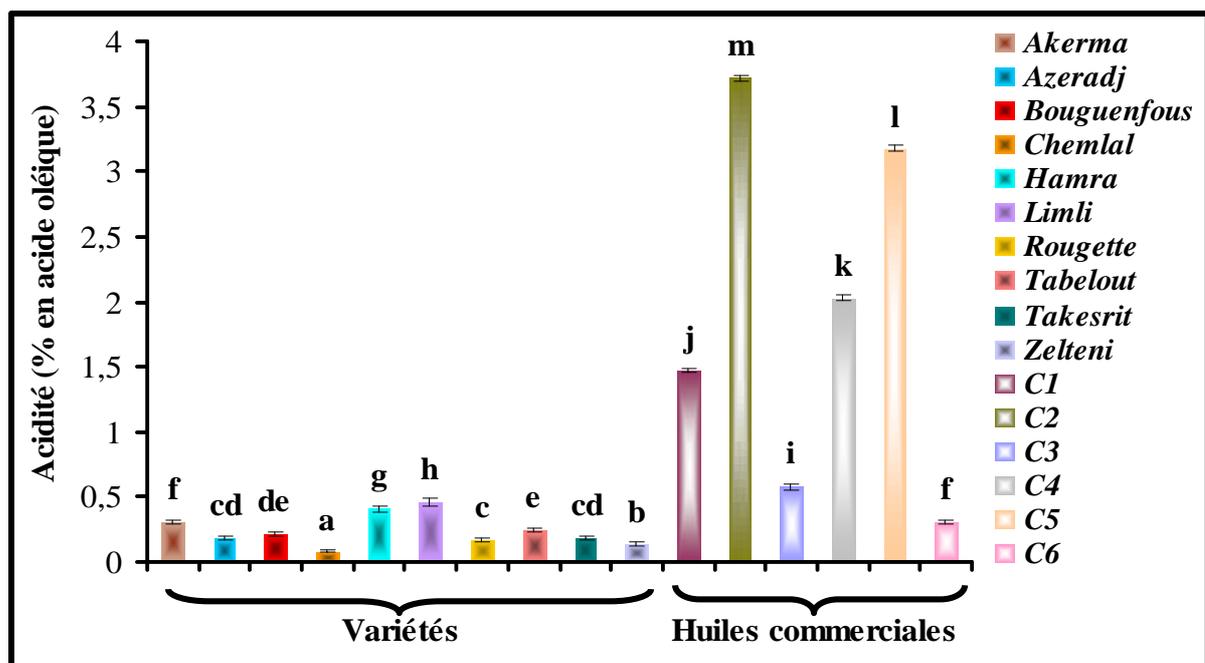


Figure 5 : Acidité des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Concernant les échantillons d'huiles commerciales, les valeurs d'acidité oscillent entre 0,30 et 3,72 % d'acide oléique, seul l'échantillon C₃ peut être vendu sous la dénomination huile d'olive extra vierge. L'échantillon C₄ montre une valeur d'acidité à la limite d'une huile d'olive vierge (2,01 %), tandis que l'échantillon C₅ avec une acidité de 3,18 % ne peut être commercialisé que sous la dénomination « huile d'olive », l'huile C₂ pour laquelle on a enregistré une acidité très élevée (3,7 %), ne peut être considérée comme une huile d'olive propre à la consommation, elle est donc déclassée vers la catégorie « huile d'olive vierge lampante » et devrait faire objet d'un raffinage.

Les huiles commerciales que nous avons étudiées sont plus acides que les huiles commerciales espagnoles (entre 0,2 et 1,8 % d'acide oléique) (Salvador *et al.*, 1998), et italiennes (entre 0,78 et 1 % d'acide oléique) (Ninfali *et al.*, 2001).

Les valeurs d'acidité élevées enregistrées pour la plupart des huiles commerciales peuvent être expliquées par les modalités de récolte et l'état sanitaire des olives, surtout si la récolte est réalisée par gaulage qui provoque la blessure des fruits ou ramassées par terre. Ce qui provoque la détérioration de la qualité de l'huile d'olive vierge dont sont responsables, les activités enzymatiques qui se développent suite aux lésions cellulaires de la pulpe des olives, favorisant l'activité des lipases exogènes et endogènes et l'augmentation du phénomène de fermentation des olives qui conduit à une forte acidité libre (Metzidakis *et al.*, 1995; Rahmani et Saari Csallany, 2000). D'après Tamendjari *et al.* (2004a), l'endommagement des olives par *Bactrocera oleae*, cause l'accélération des processus d'hydrolyse et d'oxydation qui se traduisent par une augmentation de l'acidité libre, de l'indice de peroxyde et de l'absorbance dans l'UV.

On peut également relier cette acidité élevée aux conditions de stockage des olives avant extraction qui doivent avoir lieu dans un local frais et bien aéré, selon Çavusoglu et Ohtar (1994), l'amoncellement des olives sur des tas de grandes dimensions provoque aussi l'écrasement des olives induisant ainsi les phénomènes de réchauffement qui finissent par accélérer l'action enzymatique induisant ainsi une hydrolyse prononcée.

III.2.2. Indice de peroxyde

Pour tous les échantillons d'huiles étudiés, les valeurs de l'indice de peroxyde enregistrées (figure 3), sont inférieures à 20 meq d'O₂/Kg (limite fixée par le COI, 2003). Ces valeurs comprises entre un minimum de 1,91 meq d'O₂/Kg pour la variété *Hamra* et un maximum de 8,64 meq d'O₂/Kg pour la variété *Azeradj* et entre 3,96 meq d'O₂/Kg (C₆) et 11,90 meq d'O₂/Kg (C₄), pour les huiles commerciales.

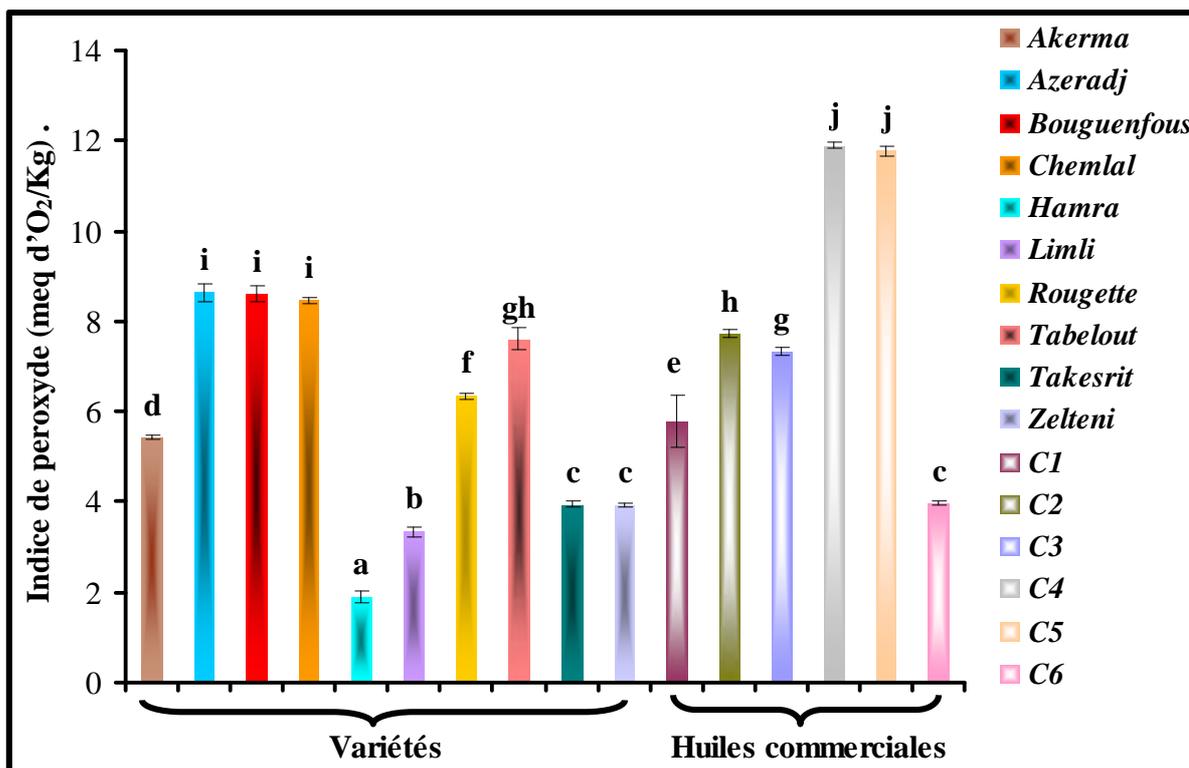


Figure 6 : Indice de peroxyde des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Des différences significatives ($p < 0,05$) sont notées entre les différents échantillons d'huiles sauf entre les groupes suivants : *Azeradj*, *Bouguenfous* et *Chemlal*; *Takesrit*, *Zelteni* et *C3*; *Tabelout* et *C2*; *Tabelout* et *C3* et entre *C4* et *C5*.

Les huiles de nos variétés présentent des indices de peroxyde inférieurs à ceux enregistrés pour les huiles des variétés espagnoles *Arbequina*, *Ascolana*, *Manzanilla* et *Nevadilo* (entre 7,84 et 11 meq d'O₂/Kg) (Torres *et al.*, 2006), et des variétés turques (entre 7,37 et 16,08 meq d'O₂/Kg) (Ocakoglu *et al.*, 2009), mais proches des variétés espagnoles introduites en Argentine pour lesquelles l'indice de peroxyde varie entre les valeurs 1,80 et 12,70 meq d'O₂/Kg (Ceci et Corelli, 2007). Nos huiles commerciales enregistrent des valeurs de l'indice de peroxyde comprises dans l'intervalle obtenu par Salvador *et al.* (1998) pour des huiles commerciales espagnoles (de 4 à 20 meq d'O₂/Kg).

Les valeurs de l'indice de peroxyde relativement faibles indiquent une faible oxydation de l'huile. Plusieurs facteurs peuvent influencer l'indice de peroxyde d'une huile d'olive, à savoir l'état sanitaire des fruits et les conditions de transformation (récolte, transport et stockage des olives). Aussi, ces faibles indices de peroxyde sont liés aux faibles acidités des huiles, une corrélation positive ($r = 0,73$) est notée entre l'indice de peroxyde et l'acidité libre des huiles d'olives étudiées.

III.2.3. Absorbance dans l'UV

D'après nos résultats concernant les absorbances spécifiques (K_{232} , K_{270}) enregistrées pour nos huiles (figure 4 et 5, respectivement), des différences significatives ($p < 0,05$) sont relevées au sein des variétés et des huiles commerciales, sauf entre les variétés *Bouguenfous* et *Limli* et entre la variété *Chemlal* et l'huile C_4 pour le coefficient K_{232} et entre les huiles *Tabelout*, *Takesrit* et C_4 , entre les variétés *Hamra* et *Zelteni* ainsi qu'entre la variété *Bouguenfous* et l'huile C_3 pour le coefficient K_{270} .

Les valeurs minimales du coefficient K_{232} sont obtenus pour la variété *Hamra* (1,089) et pour l'échantillon C_3 (1,579) et les valeurs maximales pour la variété *Chemlal* (1,933) et l'échantillon C_6 (2,630). Quant au coefficient K_{270} , les valeurs se situent entre 0,084 et 0,165 pour les huiles des variétés et entre 0,126 et 2,113 pour les huiles commerciales.

Les valeurs élevées du coefficient K_{232} des huiles commerciales sont le résultat d'une oxydation de l'huile conduisant à la formation d'hydroperoxydes conjugués et les valeurs élevées du coefficient K_{270} se justifient par la décomposition des hydroperoxydes et de la formation des diènes conjugués, ce qui se confirme par des indices de peroxyde élevés, comparés à ceux des huiles des variétés. Ces valeurs élevées peuvent aussi être liées à l'état sanitaire des olives.

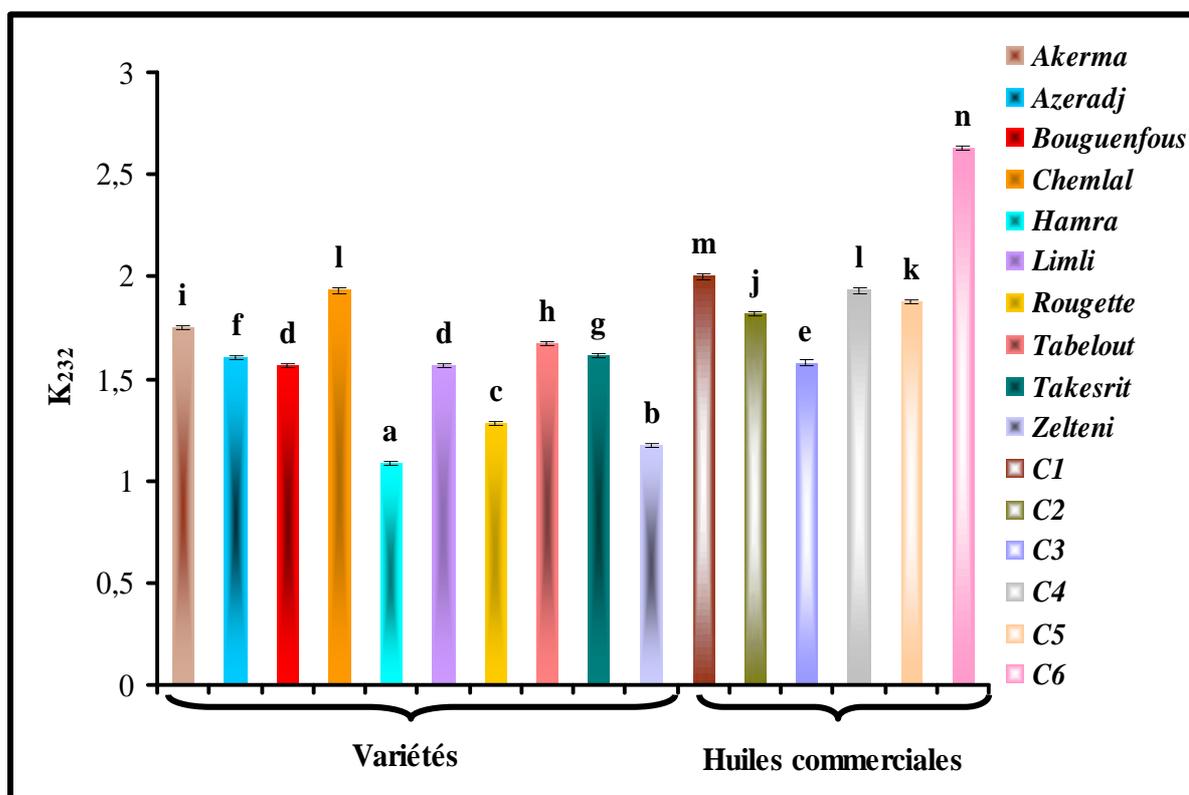


Figure 7 : Coefficient d'absorption spécifique à 232 nm des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

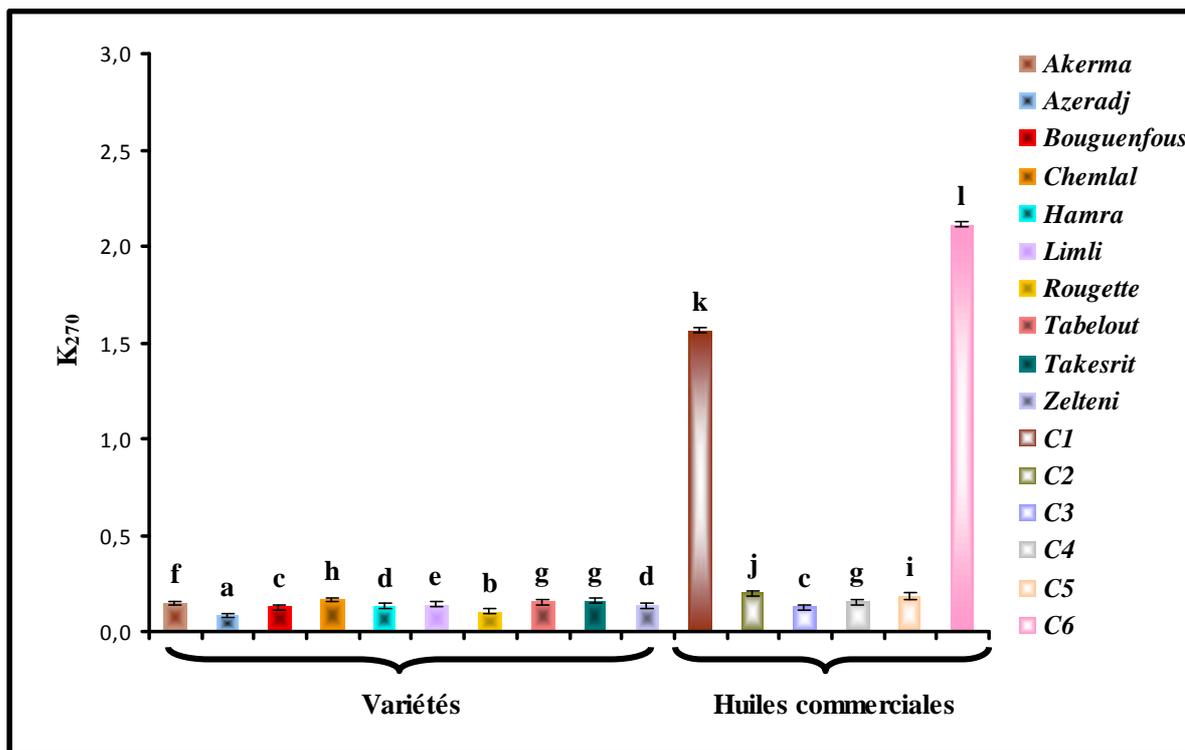


Figure 8 : Coefficient d'absorption spécifique à 270 nm des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Cette oxydation peut être également reliée aux conditions de stockage de l'huile et au type d'emballage utilisé. Selon Del Nobile *et al.* (2005) et Méndez et Falqué (2007), l'emballage en plastique favorise l'oxydation primaire, en raison de sa perméabilité à l'oxygène de l'air.

Ce que l'on peut remarquer également, c'est les absorbances très élevées enregistrées pour les deux huiles commerciales C₁ et C₆, concernant le K₂₇₀. Ces valeurs élevées sont résultantes, d'une part, des produits secondaires d'oxydation, et d'autre part de l'éventuelle adjonction d'huile raffinée dont les triènes conjugués formés lors du raffinage absorbent aussi à $\lambda = 270$ nm (Passaloglou-Emmanouilidou, 1990; Mariani et Fedeli, 1993; Mordret, 1999).

Les huiles produites à partir des dix variétés étudiées, présentent toutes, sans exception, des valeurs d'acidité, d'indice de peroxyde et des coefficients d'extinction spécifique dans l'UV (K₂₃₂, K₂₇₀) inférieures aux limites établies par le COI (2003) pour une huile d'olive extra vierge, ce qui nous permet de classer les huiles issues de ces variétés dans cette catégorie « extra vierge ».

III.3. Composition en acides gras

L'analyse des chromatogrammes des huiles étudiées (annexe 3), montre une composition qualitative en acides gras similaire pour l'ensemble des échantillons. C'est d'un point de vue

quantitatif que les acides gras permettent de faire une distinction variétale. L'analyse des résultats obtenus, consignés dans le tableau IV (a et b), révèle un profil en acides gras composé :

- d'acides gras saturés : acide palmitique (C₁₆:0), acide stéarique (C₁₈:0) et acide arachidique (C₂₀:0);
- d'acides gras monoinsaturés : acide palmitoléique (C₁₆:1), acide oléique (C₁₈:1) et acide gadoléique (C₂₀:1) ;
- d'acides gras polyinsaturés : acide linoléique (C₁₈:2) et acide linoléique (C₁₈:3).

Cette composition en acides gras est analogue à celle observée par d'autres auteurs (Uzzan *et al.*, 1992; Zarrouk *et al.*, 1996; Aparicio *et al.*, 2002). Elle varie en fonction du cultivar, de la région, du climat et de l'altitude et en fonction du degré de maturité des fruits (Ait Yacine *et al.*, 2002; Oueslati *et al.*, 2009).

Toutes les huiles des variétés étudiées présentent des teneurs en différents acides gras répondant aux normes établies par le COI (2003) (annexe 4) pour les huiles d'olives extra vierge, avec une prédominance de l'acide oléique, exception faite pour la variété *Akerma* qui présente une teneur en acide linoléique légèrement supérieure à la norme.

La variété *Rougette* se distingue des autres variétés par le taux le plus élevé en acide oléique (81,06 %) et les taux les plus faibles en acides linoléique et linoléique soient, 3,39 et 0,58 % respectivement, elle se caractérise ainsi par le rapport acide oléique/acide linoléique le plus élevé (23,89). Les taux enregistrés pour cette variété sont très proches de ceux obtenus par Abaza *et al.* (2002), pour la variété tunisienne *Sayali*.

D'après Torres *et al.* (2006), dans les olives les acides gras polyinsaturés sont obtenus par désaturation de l'acide oléique, et selon nos résultats, la variété *Akerma* présente le plus faible taux en acide oléique (61,18 %) et les plus élevés en acide linoléique (17,78 %) et linoléique (1,08 %), dépassant même, pour ce dernier, la norme du COI (2003) fixée à 1%. D'autres auteurs ont également abouti à des teneurs élevées en acide linoléique pour les variétés *Picholine* marocaine et *Picholine* du Lanqueredoc (El Antari *et al.*, 2000), et les variétés espagnoles *Lechine*, *Redondilla* et *Sevillenca* (Aparicio *et al.*, 2002).

Les variétés *Tabelout*, *Bouguenfous*, *Zelteni* et *Hamra*, se caractérisent par des teneurs élevées en acide oléique > 70 %, et faibles en acide linoléique < 9 %, les rapports acide oléique/acide linoléique notés pour ces quatre variétés sont les plus élevés. Pour le reste des variétés les taux enregistrés en acide oléique oscillent entre 61,18 et 69,32 % et les rapports acide oléique/acide linoléique, entre 3,44 et 6,70.

Tableau XV (a) : Composition en acides gras des huiles des variétés

	<i>Akerma</i>	<i>Azeradj</i>	<i>Bouguenfous</i>	<i>Chemlal</i>	<i>Hamra</i>	<i>Limli</i>	<i>Rougette</i>	<i>Tabelout</i>	<i>Takesrit</i>	<i>Zelteni</i>
C16 :0	15,94±0,12	13,58±0,12	14,13±0,04	17,95±0,03	16,01±0,01	15,79±0,05	10,98±0,05	10,07±0,03	14,61±0,03	13,25±0,04
C16:1	1,25±0,05	0,97±0,01	1,20±0,02	2,06±0,01	1,76±0,01	1,69±0,04	0,92±0,05	0,64±0,03	1,44±0,03	0,83±0,03
C18:0	2,32±0,03	3,11±0,01	2,25±0,01	1,91±0,01	3,15±0,01	2,35±0,03	2,54±0,05	1,94±0,05	2,82±0,03	3,27±0,03
C18:1	61,18±0,11	68,05±0,14	77,02±0,02	64,78±0,03	73,04±0,04	66,94±0,1	81,06±0,23	77,22±0,02	69,32±0,03	75,08±0,12
C18:2	17,78±0,11	12,88±0,03	4,67±0,01	11,74±0,02	4,93±0,04	12,04±0,04	3,39±0,03	8,72±0,02	10,34±0,04	6,16±0,03
C18:3	1,08±0,02	0,73±0,01	0,74±0,01	0,76±0,01	0,66±0,01	0,84±0,02	0,58±0,03	0,72±0,03	0,71±0,03	0,65±0,02
C20:0	0,46±0,03	0,50±0,01	ND	0,43±0,01	0,45±0,01	0,37±0,02	0,32±0,02	0,35±0,03	0,50±0,03	0,53±0,02
C20:1	ND	0,19±0,01	ND	0,36±0,01	ND	ND	0,22±0,03	0,35±0,02	0,26±0,02	0,23±0,01
AGI	81,28±0,07	82,81±0,11	83,62±0,01	79,69±0,01	80,39±0,02	81,51±0,01	86,18±0,09	87,65±0,02	82,07±0,02	82,95±0,02
AGS	18,72±0,07	17,19±0,11	16,39±0,03	20,31±0,01	19,62±0,02	18,50±0,03	13,38±0,08	12,36±0,01	17,93±0,02	17,06±0,02
AGI/AGS	4,34±0,020	4,82±0,04	5,10±0,01	3,92±0,002	4,10±0,04	4,41±0,01	6,23±0,04	7,09±0,03	4,58±0,01	4,86±0,01
AGMI	62,43±0,06	69,20±0,15	78,22±0,01	67,19±0,02	74,80±0,05	68,63±0,05	82,21±0,15	78,21±0,04	71,02±0,03	76,14±0,07
AGPI	18,85±0,13	13,61±0,04	5,41±0,02	12,50±0,01	5,58±0,03	12,88±0,05	3,98±0,06	9,44±0,02	11,05±0,01	6,81±0,05
AGMI/AGPI	3,31±0,03	5,08±0,03	14,47±0,05	5,38±0,04	13,40±0,09	5,33±0,03	20,68±0,37	8,29±0,02	6,43±0,01	11,18±0,1
C18:1/C18:2	3,44±0,03	5,28±0,02	16,50±0,02	5,52±0,01	14,82±0,13	5,56±0,02	23,89±0,30	8,86±0,02	6,70±0,03	12,18±0,08

Tableau XV (b): Composition en acides gras des huiles commerciales

	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆
C16:0	12,02±0,05	15,12±0,02	16,64±0,05	15,20±0,03	15,76±0,02	13,71±0,02
C16:1	0,32± 0,03	1,93±0,03	1,95±0,02	1,84±0,02	1,88±0,03	ND
C18:0	3,95±0,05	2,15±0,01	2,02±0,03	2,21±0,01	2,32±0,03	4,15±0,03
C18:1	30,51±0,03	65,23±0,06	65,69±0,09	65,07±0,08	66,57±0,06	27,31±0,02
C18:2	46,37±0,02	14,78±0,02	12,56±0,01	15,17±0,02	12,31±0,02	48,96±0,07
C18:2 Trs	0,31±0,03	ND	ND	ND	ND	0,26±0,03
C18:3	5,48±0,04	0,79±0,02	0,66±0,02	0,51±0,01	0,75±0,01	5,14±0,03
C18:3 Trs	0,40±0,02	ND	ND	ND	NE	0,48±0,02
C20:0	0,41±0,01	ND	0,48±0,03	ND	0,41±0,03	ND
C20:1	0,23±0,02	ND	ND	ND	ND	ND
AGI	83,62±0,003	82,73±0,01	80,86±0,11	82,05±0,05	81,51±0,08	82,05±0,05
AGS	16,38±0,01	17,27±0,04	19,14±0,11	17,41±0,04	18,49±0,08	17,85±0,05
AGI/AGS	5,10±0,002	4,79±0,02	4,22±0,03	4,74±0,02	4,41±0,02	4,60±0,02
AGMI	31,05±0,02	67,16±0,03	67,64±0,11	66,91±0,06	68,45±0,09	27,31±0,02
AGPI	52,57±0,03	15,57±0,04	13,23±0,04	15,68±0,01	13,06±0,01	54,84±0,03
AGMI/AGPI	0,59±0,01	4,31±0,01	5,11±0,01	4,27±0,01	5,24±0,01	0,5±0,01
C18:1/C18:2	0,66±0,01	4,41±0,01	5,23±0,02	4,29±0,01	5,41±0,02	0,56±0,01

C16:0 : acide palmitique

C16:1 : acide palmitoléique

C18:0 : acide stéarique

C18:1 : acide oléique

C18:2 : acide linoléique

C18:2 Trs : acide tans linoléique

C18:3 : acide linoléique

C18:3 Trs : acide tans linoléique

C20:0 : acide arachidique

C20:1 : acide gadoléique

AGI : acide gras insaturé

AGS : acide gras saturé

AGMI : acide gras monoinsaturé

AGPI : acide gras polyinsaturé

ND : non détecté.

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type (n = 3)

Les mêmes variations cultivars dépendantes, considérant les teneurs en acide oléique et linoléique ainsi que leurs rapports, ont été observées pour les variétés tunisiennes : *Jemri*, *Guerdan*, *Chemlali*, *Zarzis* et *Zalmati* (Zarrouk *et al.*, 2008), et pour des variétés italiennes : *Tondino*, *Frantoio*, *Leccione*, *Morchiaio* et *Leccio Maremmano* (Pinelli *et al.*, 2003).

Pour l'ensemble des résultats obtenus, les taux d'acide oléique sont proches de ceux des variétés italiennes étudiées par Pinelli *et al.* (2003), supérieurs aux taux enregistrés par Torres *et al.* (2006), pour les variétés espagnoles *Ascolana*, *Arbequina*, *Manzanilla* et *Nevadillo*, et largement supérieurs aux teneurs des variétés espagnoles introduites en Argentine *Arbequina*, *Manzanilla*, *Picual*, *Frantoio* et *Coratina* pour lesquelles l'acide oléique n'excède pas les 60 % avec un minimum de 53,2 %, démontrant ainsi l'influence des conditions climatiques sur la composition en acides gras (Ceci et Carelli, 2007). D'après Ajana *et al.* (1998), bien que les conditions climatiques et les techniques culturelles influencent la composition en acides gras, le cultivar reste le facteur le plus important.

Bien que les teneurs en acides arachidique et gadoléique soient faibles, parfois même non détectés, ces teneurs changent en fonction de la variété, elles varient de 0,32 à 0,53 % pour l'acide arachidique et de 0,19 à 0,36 % pour l'acide gadoléique.

On observe également que l'insaturation permet d'une façon nette de distinguer entre les variétés. Ceci est en accord avec Ajana *et al.* (1998), qui concluent que la fraction acide gras insaturé est la fraction la plus dépendante de la variété. Les variétés *Rougette* et *Tabelout* présentent un pourcentage en acides gras saturés de 13,38 et 12,36 % respectivement, et un total en acides gras insaturés de 86,18 et 87,65 % respectivement, elles enregistrent ainsi, les rapports A.G.I./A.G.S les plus élevés. Tandis que les variétés *Chemlal* et *Hamra* enregistrent respectivement, un total en acides gras saturés de 20,31 et 19,62 %, un total en acides gras insaturés de 79,69 et 80,39 et les rapports A.G.I./A.G.S les plus faibles. D'après Paz Romero *et al.* (2003), l'insaturation est liée à l'activité enzymatique de l'acyl-CoA carboxylase et de l'acide gras synthétase impliquées dans la régulation de l'élongation de la chaîne lors de la biosynthèse des acides gras, ces activités varient en fonction de la variété considérée et de la pluviométrie. Des corrélations positives significatives ont été observées entre le rapport A.G.I./A.G.S et la pluviométrie par Koutsaftakis *et al.* (2000a), sur des variétés grecques et par Paz Romero *et al.* (2003), sur l'huile de la région « Les Garrigues ».

L'ensemble des variétés présente un rapport A.G.M.I./A.G.P.I. assez élevé, il varie de 3,31 (*Akerma*) à 20,68 (*Rougette*) ; ce qui implique que, théoriquement, nos variétés se caractérisent par une bonne stabilité oxydative. Ce même rapport se situe entre 2,68 et 10,09 pour les variétés tunisiennes (*Chemlali*, *Fakhari*, *Zarrazi* et *Dhokar*) (Ouslati *et al.*, 2009).

Concernant les huiles commerciales, au premier aperçu nous constatons que la composition en acides gras des huiles C₁ et C₆ ne répond pas aux normes du COI (2003). Elles enregistrent de très faibles teneurs en acide oléique (30,4 et 27,57 %) respectivement, et des teneurs très élevées en acide linoléique et linoléinique qui sont respectivement de 46,21 et 48,96 % pour l'acide linoléique et de 5,46 et 5,14 % pour l'acide linoléinique avec la détection de 0,36 % d'acide béhenique (C₂₂: 0) dans l'huile C₁, dépassant la limite du COI (2003) (0,2 %). Ceci nous mène à soupçonner une éventuelle adultération. D'après Christopoulou *et al.* (2004), l'adjonction de l'huile de soja à 5 % pour l'huile d'olive vierge donne une teneur en acide linoléinique de 1,19 %, or les échantillons C₁ et C₆ présentent des teneurs plus élevées en cet acide, ce qui peut être expliqué par l'adultération de ces deux huiles avec des pourcentages dépassant les 5 % d'huile de soja.

Cette adultération se confirme encore par la détection des isomères *trans* linoléique et *trans* linoléinique tel que rapporté par Mariani et Fedeli (1993), Ryan *et al.* (1998) et Mordret (1999). Les taux respectifs des isomères *trans* linoléique et *trans* linoléinique sont de 0,31 et 0,4 % pour l'huile C₁ et de 0,26 et 0,48 % pour l'huile C₆, alors que le COI (2003), fixe ce taux à 0,05 % pour la somme des isomères *trans*.

Pour le reste des échantillons commerciaux, les teneurs en acide oléique sont comprises entre 65,05 et 66,57 %, et celles en acide palmitique entre 15,12 et 16,64 %, quant aux teneurs en acide linoléique (de 12,31 à 15,17 %), elles sont un peu plus élevées que celles enregistrées pour les variétés. Comparés aux résultats de Gomez-Alonso *et al.* (2007), sur des huiles d'olive vierges commerciales espagnoles, nos huiles commerciales se caractérisent par des teneurs plus faibles en acide oléique que les huiles espagnoles qui enregistrent 79 à 81,5 %, des taux très proches en acide linoléinique (0,54 à 0,71 %), mais des teneurs relativement plus élevées en acide linoléique (3,61 à 5,32 %).

III.4. Les chlorophylles

Les huiles analysées montrent des teneurs en chlorophylles (figure 6) qui varient entre 0,42 mg/Kg pour la variété *Azeradj* et 11,99 mg/Kg pour la variété *Bouguenfous*, et entre 0,59 mg/Kg (C₄) et 12,85 mg/Kg (C₃) enregistrées pour les huiles commerciales.

Ces teneurs diffèrent significativement ($p < 0,05$) d'une variété à une autre et d'une huile commerciale à une autre, ce qui est en accord avec les résultats de Roca et Minguez-Mosquera (2001) et ceux de Giuffrida *et al.* (2006), quant à l'influence de la variété sur la composition quantitative en pigments chlorophylliens dans l'huile d'olive. Néanmoins, aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est notée entre la variété *Rougette* et l'huile commerciale C₁ ni entre la variété *Takesrit* et l'huile C₃.

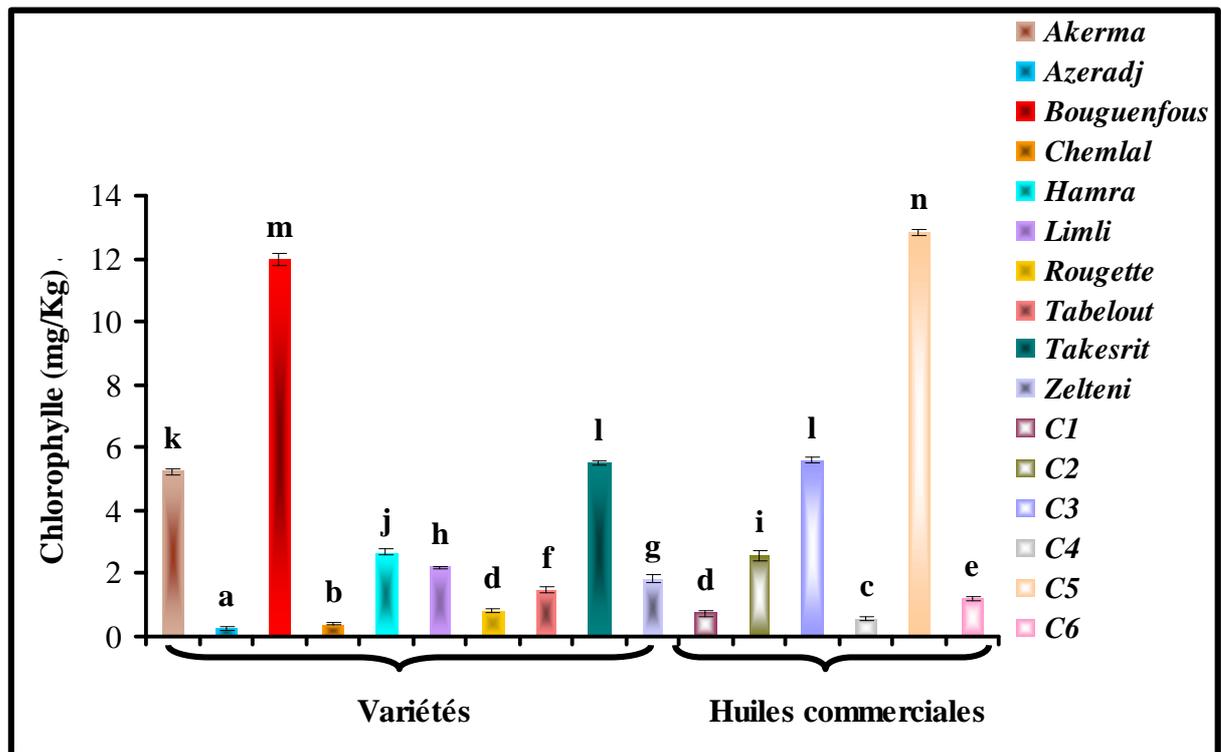


Figure 9 : Teneurs en chlorophylles des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Les pigments subissent une dégradation au cours du processus d'extraction de l'huile des olives, ce qui rend non seulement propice la phéophytinisation des chlorophylles initialement présentes dans les fruits, mais conduit, aussi, à des pertes importantes en chlorophylles. Ces pertes sont associées à la co-oxydation provoquée par les radicaux hydroperoxydes formés sous l'action des lipoxygénases (Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, 1996a; Ryan *et al.*, 1998). Ce qui explique les faibles teneurs enregistrées pour la plupart de nos échantillons.

Au cours de la maturation, les chlorophylles subissent des transformations et se dégradent sous l'action des chlorophyllases, des Mg-déchélatases et des phéophorbides oxygénases donnant des dérivés incolores. Plus la maturation progresse, plus l'activité photosynthétique diminue accompagnée d'une réduction des concentrations en chlorophylles (Roca et Minguez-Mosquera, 2001; Garcia *et al.*, 1996). Selon Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera (1996a), l'ajout d'eau chaude durant le malaxage lors de l'extraction de l'huile, favorise l'action des chlorophyllases, ce qui explique encore mieux les faibles teneurs obtenues pour la majorité des huiles analysées surtout dans le cas des variétés pour lesquelles nous avons noté des indices de maturité supérieur à 3, sauf pour la variété *Bouguenfous* qui présente un faible indice de maturité (2,2), ce qui est d'ailleurs en relation avec sa teneur élevée en chlorophylle par rapport aux autres variétés. On déduit alors que l'huile C₅ est probablement extraite à partir d'olives récoltées à un stade de maturité avancé.

Nos résultats sont proches de ceux obtenus par Ceci et Corelli (2007), sur des variétés espagnoles introduites en Argentine, dont les teneurs sont comprises entre 1 et 14 mg/Kg, mais largement inférieures à ceux de Giuffrida *et al.* (2006), sur des variétés italiennes qui présentent des teneurs en chlorophylles variant entre 24,95 et 31,97 mg/Kg.

III.5. Les Antioxydants

III.5.1. Les tocophérols

D'après les chromatogrammes obtenus (annexe 5), les isomères α , β et γ tocophérol sont présents dans toutes les huiles analysées, avec une prédominance de l'isomère α -tocophérol tel que rapporté dans la littérature (Lo Curto *et al.*, 2001; Grigoriado *et al.*, 2007). Selon Allalout *et al.* (2008), cette composition est largement influencée par le cultivar, le sol, le climat, l'irrigation et le degré de maturité.

Nos résultats (figure 7a, 7b et 7c), montrent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les huiles étudiées, quant à leurs teneurs en tocophérols sauf entre les huiles commerciales C₂, C₄ et C₆ (pour l' α -tocophérol) et entre les variétés *Akerma* et *Rougette*, ainsi que *Tabelout* et *Takesrit* (pour les tocophérols totaux). Ces différences montrent que le contenu en tocophérols totaux et en α -tocophérol dépend étroitement de la variété, ce qui est en accord avec les résultats de certains auteurs (Quiles *et al.*, 2002; Matos *et al.*, 2007a; Tura *et al.*, 2007).

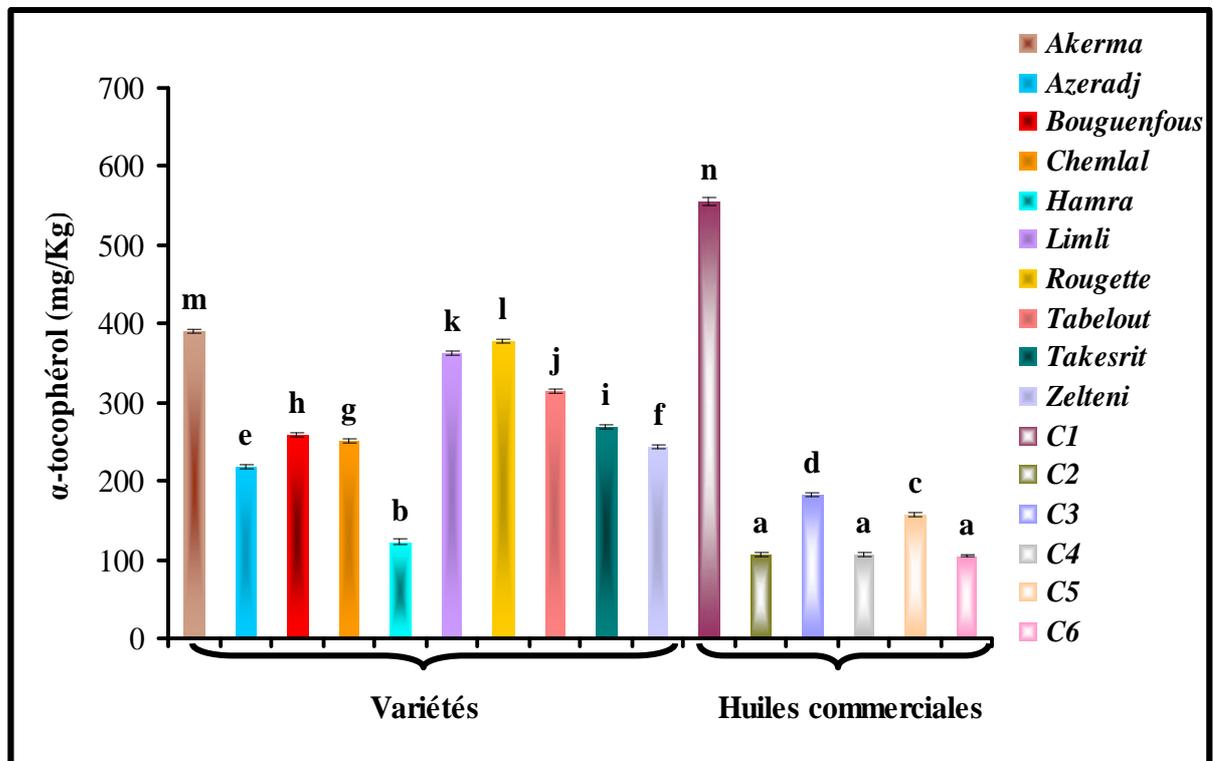


Figure 10a : Teneurs en α -tocophérols des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

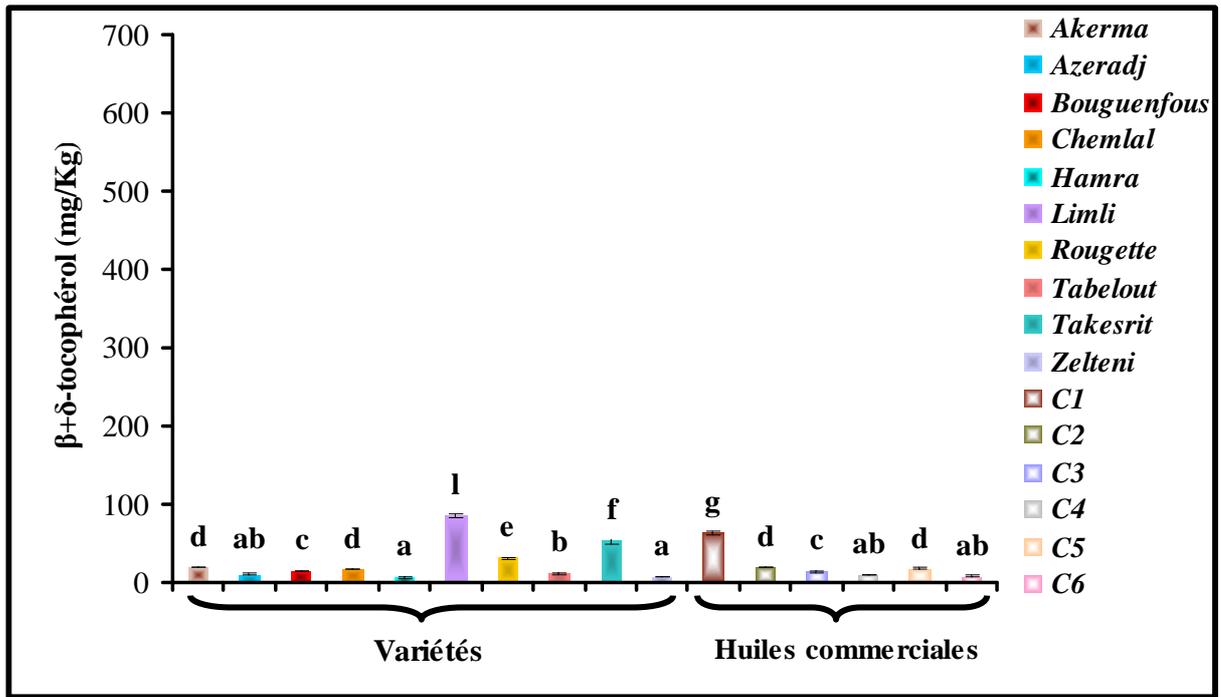


Figure 10b : Teneurs en β et γ tocophérol des différents échantillons d’huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

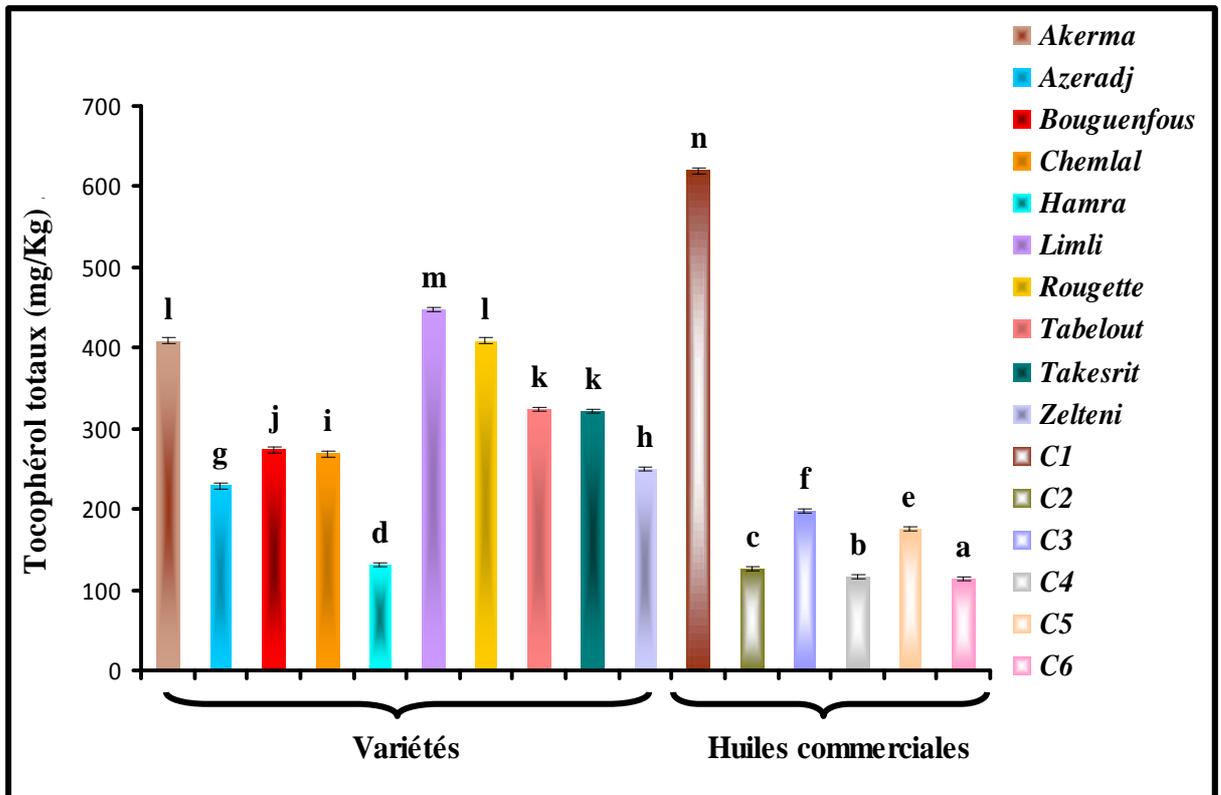


Figure 10c : Teneurs en tocophérols totaux des différents échantillons d’huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Les teneurs en β et γ tocophérols ne montrent aucune différence significative ($p < 0,05$) entre les groupes d'huiles suivants : *Akerma*, *Cheamlal*, C_2 et C_5 ; *Azeradj*, *Hamra*, *Zelteni*, C_4 et C_6 ; *Azeradj*, *Tabelout*, C_4 et C_6 ; *Bouguenfous* et C_3 .

La variété *Akerma* se caractérise par la teneur la plus élevée en α -tocophérol (389,5 mg/Kg) et une teneur de 19,5 mg/Kg pour la somme β et γ tocophérol, donnant ainsi une teneur en tocophérols totaux de 409 mg/Kg, cependant c'est la variété *Limli* qui enregistre la teneur la plus importante en tocophérols totaux (447 mg/Kg), liée au fait qu'elle contienne une forte concentration en isomères β et γ tocophérol (84,5 mg/Kg), néanmoins elle enregistre tout de même une teneur assez importante en α -tocophérol (363 mg/Kg).

Toutes les variétés d'huiles étudiées présentent des teneurs appréciables en α -tocophérol et en tocophérols totaux, sauf la variété *Hamra* qui se caractérise par les plus faibles teneurs soient, 123mg/Kg en α -tocophérol, 7 mg/Kg en β et γ tocophérol et 130 mg/Kg en tocophérols totaux. Pour le reste des variétés, les valeurs oscillent entre 219 et 389,5 (α -tocophérol), 7,5 et 84,5 mg/Kg (β et γ tocophérol) et entre 229 et 447 mg/Kg (tocophérols totaux). En se référant à Beltran *et al.* (2005), qui considèrent une variété à teneur en tocophérols totaux supérieure à 300 mg/Kg comme une variété à teneur élevée en tocophérols, nos variétés, *Limli*, *Akerma*, *Rougette*, *Tabelout* et *Takesrit*, peuvent être considérées comme des variétés à teneurs élevées en tocophérols.

Nos variétés présentent des teneurs en tocophérols proches de celles des variétés italiennes étudiées par Tura *et al.* (2007), pour lesquelles les teneurs en α -tocophérol sont comprises entre 101,3 et 298 mg/Kg, celles en β et γ tocophérol entre 2,79 et 28,08 mg/Kg et en tocophérols totaux entre 104,1 et 326,2 mg/Kg ; mais supérieures aux teneurs des variétés espagnoles analysées par Pardo *et al.* (2007), qui présentent des teneurs en tocophérols totaux comprises entre 172 et 250 mg/Kg, et celles étudiées par Matos *et al.* (2007b), dont les teneurs varient de 139,4 à 235,5 mg/Kg. La variété *Akerma* (389,5 mg/Kg), présente une teneur en α -tocophérol très proche de celle de la variété italienne *Leccino* (390 mg/Kg) cultivée en Slovénie (Bester *et al.*, 2008).

Les valeurs enregistrées pour les huiles commerciales, montrent que ces huiles contiennent des teneurs en α -tocophérol et en tocophérols totaux inférieurs à celles des variétés, elles sont comprises entre 105 mg/Kg (C_6) et 183 mg/Kg (C_3) pour l' α -tocophérol et entre 113,5 et 198 mg/Kg pour les tocophérols totaux, exception faite pour l'échantillon C_1 qui enregistre des teneurs très élevées, 555,5 mg/Kg (α -tocophérol) et 620 mg/Kg (tocophérols totaux), ce qui confirme une fois de plus son adultération, ces teneurs élevés sont probablement dues à un mélange avec une huile de graine à teneur élevée en tocophérol telles que l'huile de tournesol (634,4 mg/Kg) et l'huile de soja (1797,6 mg/Kg) (Tuberoso *et al.*,

2007). Les teneurs en β et γ tocophérol enregistrées pour nos huiles commerciales varient entre 8,5 et 64 mg/Kg.

D'après Gimeno *et al.* (2001) et Ranalli *et al.* (2005), le système d'extraction n'a aucune incidence ou affecte peu les teneurs en tocophérols. Les teneurs en tocophérols sont influencées par la pluviométrie et l'irrigation, le contenu en α -tocophérol est d'autant plus important que la pluviométrie est faible (Beltran *et al.*, 2005). Gimeno *et al.* (2002) et Matos *et al.* (2007b) ont constaté une diminution de la teneur en α -tocophérol et en tocophérols totaux au cours de la maturation.

Selon Salvador *et al.* (1998) et Grigoriadou *et al.* (2007), la concentration en α -tocophérol dans une huile d'olive vierge de bonne qualité doit être de l'ordre de 100 à 300 mg/Kg. Les teneurs appréciables en α -tocophérol enregistrées pour nos huiles vont contribuer à leur stabilité oxydative, en les protégeant contre l'autooxydation des acides gras polyinsaturés.

III.5.2. Les caroténoïdes

Des différences significatives sont relevées ($p < 0,05$) entre les variétés et entre les huiles commerciales; néanmoins, aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est relevée entre les huiles Azeradj, Chemlal et C₁, ni Rougette et Tabelout, ni entre Zelteni et C₂ (figure 8).

Les teneurs les plus faibles en caroténoïdes sont enregistrées pour la variété Chemlal (7,57 mg/Kg) et pour l'huile C₆ (3,63 mg/Kg), tandis que les teneurs les plus élevées sont obtenues pour la variété Bouguenfous (61,26 mg/Kg) et pour l'huile C₅ (32,67 mg/Kg).

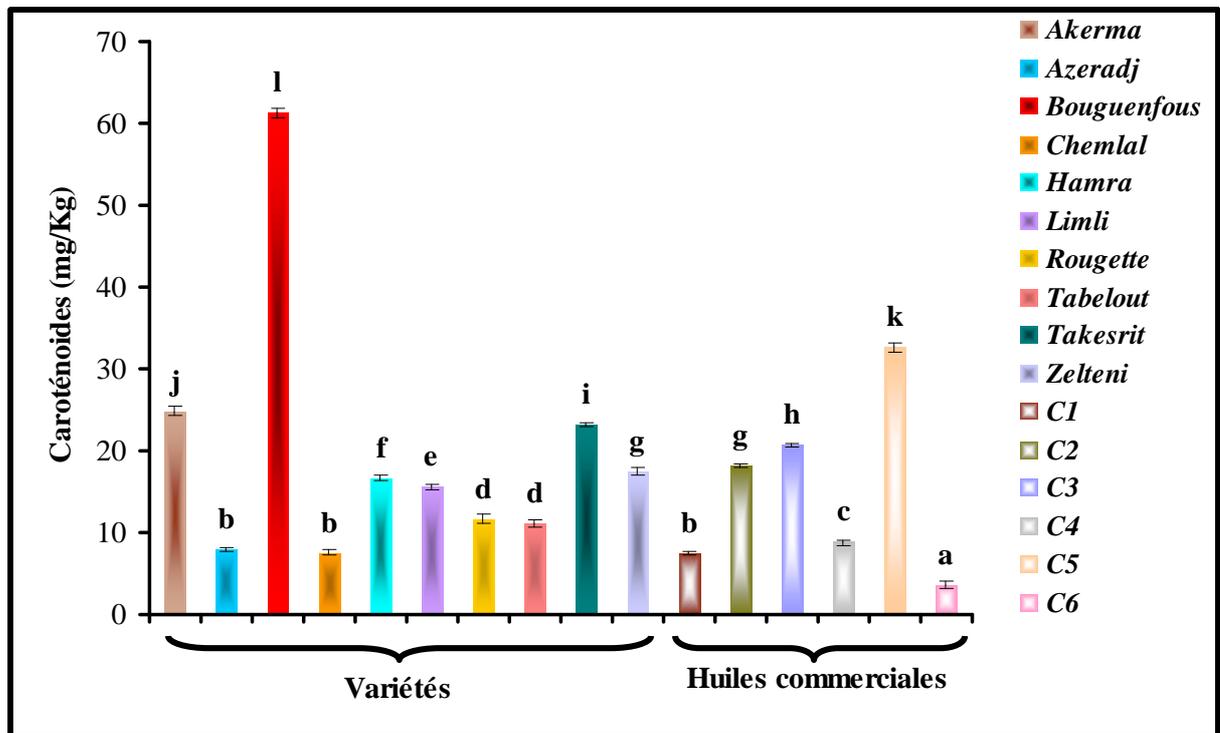


Figure 11 : Teneurs en caroténoïdes des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Selon Minguez-Mosquera *et al.* (1990), Ait Yacine *et al.* (2001) et Criado *et al.* (2007), les teneurs en pigments chlorophylles et caroténoïdes varient en fonction du cultivar et diminuent au cours de la maturation, cette diminution est plus prononcée pour les chlorophylles. Nous remarquons que la variété *Bouguenfous* qui présente l'indice de maturité le plus faible et l'huile C₅, enregistrent les teneurs les plus élevées en caroténoïdes et en chlorophylles, ce qui implique qu'en plus de l'effet variétal, la maturation influe sur la composition quantitative en pigments.

Pour tous nos échantillons, le rapport caroténoïdes / chlorophylles, est toujours supérieur à 1, ce qui est en accord avec les résultats de Guallardo-Guerrero *et al.* (2002).

A l'exception de la variété *Bouguenfous*, les teneurs en caroténoïdes des variétés d'huiles étudiées sont relativement proches de celles obtenues par Tura *et al.* (2007), pour des variétés italiennes (entre 1,4 et 27,36 mg/Kg), mais supérieures à celles enregistrées par Torres *et al.* (2006), pour des variétés espagnoles (entre 2,1 et 2,72 mg/Kg) et celles de Oueslati *et al.* (2009), pour des variétés tunisiennes (entre 0,68 et 2,23 mg/Kg), démontrant ainsi l'influence de la variété et de l'origine géographique sur la composition en pigments caroténoïdes.

II.5.3. Les polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux exprimées en milligramme d'équivalent acide gallique sont représentées dans la figure 9.

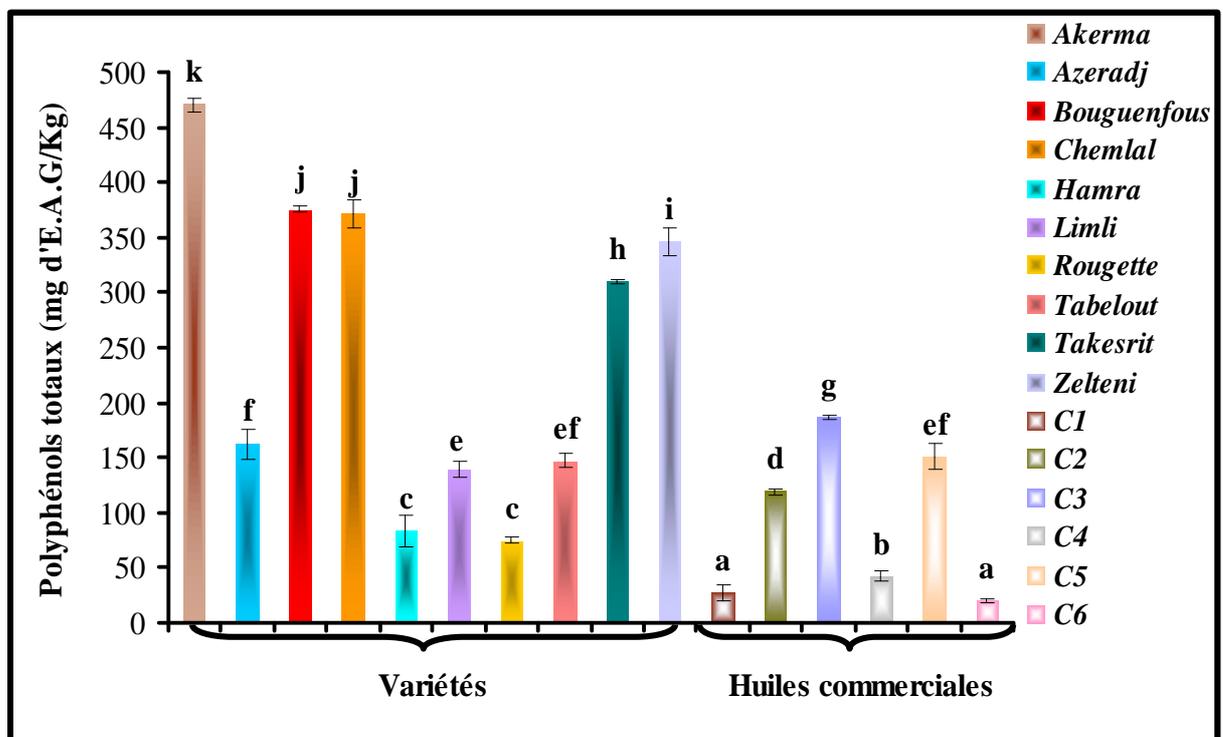


Figure 12 : Teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Les huiles des variétés *Akerma* (470,3 mg/Kg), *Bouguenfous* (375,81 mg/Kg) et *Chemlal* (371,33 mg/Kg), sont les variétés les plus riches en phénols totaux. En revanche, les variétés *Rougette* et *Hamra* donnent des huiles à teneurs inférieures (75,07 et 83,55 mg/Kg, respectivement). Le reste des variétés présentent des teneurs comprises dans l'intervalle de 140,12 à 346,11 mg/Kg.

Des différences significatives ($p < 0,05$) sont relevées entre les échantillons d'huiles étudiées, néanmoins aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est notée entre les huiles *Bouguenfous* et *Chemlal*, *Hamra* et *Rougette*, *Azeradj*, *Tabelout* et C_5 , *Limli*, *Tabelout* et C_5 ni entre les huiles commerciales C_1 et C_6 .

Les teneurs en polyphénols totaux enregistrées pour nos variétés d'huiles sont proches de celles des 18 variétés italiennes étudiées par Tura *et al.* (2007), pour lesquelles les teneurs oscillent entre 115 et 377 mg/Kg ; et des variétés turques étudiées par Ocakoglu *et al.* (2009) (entre 75,46 et 333,37 mg/Kg). Mais supérieures aux teneurs enregistrées par Dhiffi *et al.* (2006) sur des variétés tunisiennes (*Chetoui*, *Chemlali*, *Meski* et *Sayali*), caractérisées par des teneurs en polyphénols variant de 18,2 à 162,8 mg/Kg

Quant aux huiles commerciales, l'huile C_3 est celle qui renferme la teneur la plus importante en polyphénols totaux (186,31 mg/Kg). D'après les teneurs en phénols totaux notées pour les huiles commerciales, nous pouvons distinguer deux groupes ; le premier à teneur supérieure à 100 mg/Kg, représenté par les échantillons C_2 , C_3 et C_5 , le second à teneur inférieure à 50 mg/Kg, représenté par les huiles C_1 , C_4 et C_6 . Les teneurs les plus faibles sont enregistrées pour C_1 (26,57 mg/Kg) et C_6 (19,33 mg/Kg) pouvant être expliquées par le fait qu'elles soient adultérées. Nos huiles commerciales présentent des teneurs en polyphénols totaux légèrement inférieures à celles des huiles commerciales italiennes (99 à 210 mg/Kg) (Ninfali *et al.*, 2001), mais nettement inférieures aux teneurs enregistrées par Salvador *et al.* (1998) sur les huiles commerciales espagnoles (50 à 402mg/Kg).

D'après nos résultats, il ressort que le cultivar est un facteur important qui influence la composition en polyphénols totaux, tel que déjà observé par plusieurs auteurs Dugo *et al.* (2004), Zarrouk *et al.* (2008), Ocakoglu *et al.* (2009). Cette composition n'est pas seulement liée à la variété, mais c'est le résultat d'une interaction complexe entre plusieurs facteurs à savoir :

- le degré de maturité des olives (Rovellini et Cortesi, 2003; Beltran *et al.*, 2005; Gómez-Rico *et al.*, 2008) ;
- l'état sanitaire des olives (Caruso *et al.*, 2000; Tamendjari *et al.*, 2004a);
- la saison et les conditions climatiques (Paz Romero *et al.*, 2003; Salvador *et al.* 2003);
- le système d'extraction de l'huile (De Stefano *et al.* 1999; Gimeno *et al.* 2002);

- les paramètres d'extraction (temps et température de malaxage) (Caponio *et al.* 1999; Cortesi *et al.* 2000b; Angerosa *et al.*, 2001).
- l'activité de la polyphénole-oxydase et de la peroxydase qui sont responsables de l'oxydation des polyphénols durant l'extraction de l'huile d'olive, induisant une diminution de leur teneur (Zanoni *et al.*, 2005).

La concentration en polyphénols totaux dans l'huile d'olive est conditionnée d'après Tovar *et al.* (2002), par l'activité enzymatique de la L-phénylalanine ammonia lyase (PAL), qui joue un rôle important dans la désamination de la phénylalanine et sa conversion en acide trans-cinnamique impliqué dans la synthèse des composés phénoliques. Une forte activité de cette enzyme est associée à l'accumulation des composés phénoliques dans les olives, et par conséquent dans l'huile. L'activité de la PAL est fonction du degré de maturité des fruits (elle diminue au cours de la maturation), des conditions climatiques et de l'irrigation (elle augmente dans des conditions arides).

III.5.4. Les *ortho*-diphénols

L'analyse des teneurs en *ortho*-diphénols exprimées en milligramme d'équivalent acide caféique des différentes huiles étudiées (figure 10), montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les variétés et les huiles commerciales sauf entre les variétés *Hamra* et *Taksrit*, entre les huiles *Azeradj*, *Tabelout*, C_2 et C_3 et entre les échantillons C_1 , C_2 , C_3 et la variété *Tabelout*, entre la variété *Zelteni* et l'huile C_5 et enfin entre les huiles commerciales C_5 et C_6 .

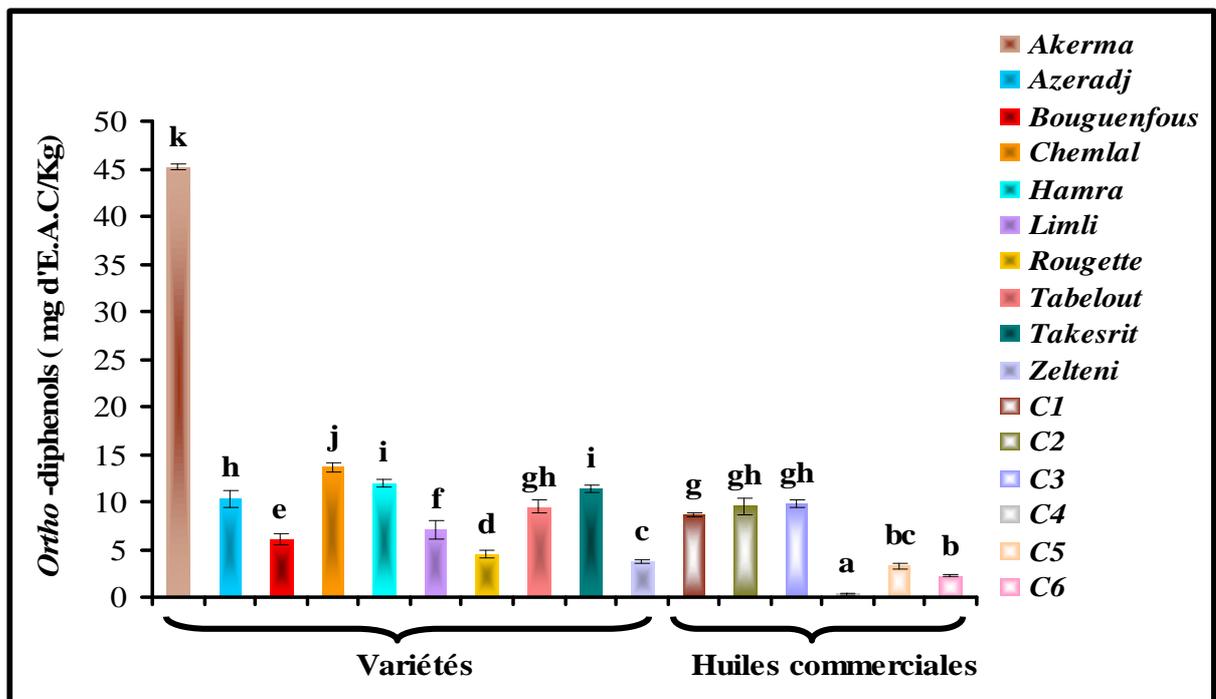


Figure 13 : Teneurs en *ortho*-diphénols des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

D'après nos résultats, la variété *Akerma* présente une quantité appréciable en *ortho*-diphénols (45,16 mg/Kg), tout comme pour les phénols totaux, les autres variétés montrent des teneurs plus faibles comprises entre 3,72 et 13,68 mg/Kg. Bien que la variété *Bouguenfous* se révèle être riche en polyphénols totaux (375,81 mg/Kg), elle ne renferme que 6,06 mg/Kg en *ortho*-diphénols, par contre la variété *Hamra* qui est moins riche en polyphénols totaux (83,55 mg/Kg), montre une teneur en *ortho*-diphénols de 11,93 mg/Kg. Les mêmes résultats sont observés par Zarrouk *et al.* (2008), sur trois variétés tunisiennes où les variétés *Jemri Guerdan* et *Chemlali Zarzis* enregistrent des teneurs respectives en polyphénols totaux et *ortho*-diphénols de 364,12 et 199,20 mg/Kg (*Jemri Guerdan*) ; 431,13 et 213,24 mg/Kg (*Chemlali Zarzis*), alors que la variété *Zalmati* avec une teneur de 509,62 mg/Kg en polyphénols totaux ne contient que 188,12 mg/Kg en *ortho*-diphénols. Les teneurs enregistrées en *ortho*-diphénols pour nos variétés d'huiles sont largement inférieures à celles des variétés tunisiennes rapportées par Zarrouk *et al.* (2008) qui sont de l'ordre de 188,12 à 213,62 mg/Kg. Les valeurs notées pour les huiles commerciales varient entre 0,30 mg/Kg pour l'échantillon C₁ et 9,78 mg/Kg pour l'échantillon C₃, comparées aux teneurs en polyphénols totaux, c'est encore l'huile C₃ qui présente la teneur la plus élevée. Les huiles C₁ et C₅ enregistrent des teneurs respectives de 8,60 et 3,26 mg/Kg, alors que c'est l'huile C₅ qui contient plus de polyphénols totaux. La teneur plus élevée de l'huile C₁ pourrait être due à la présence de substances interférentes qui réagissent avec le molybdate de sodium donnant un complexe jaune qui absorbe à 370 nm, du fait que cette huile soit adultérée.

Un coefficient de corrélation significative ($p < 0,05$) de 0,59 est établi entre les teneurs en *ortho*-diphénols des huiles étudiées et celles des polyphénols totaux.

III.6. Indice d'amertume

La mesure de l'indice d'amertume nous permet d'évaluer le degré d'amertume de nos échantillons d'huiles.

D'après nos résultats représentés dans la figure 11, les huiles des variétés *Akerma*, *Bouguenfous* et *Chemlal* s'avèrent être plus amères que les autres, elles enregistrent les indices d'amertume les plus élevés (0,552; 0,358 et 0,320) respectivement. Tandis que la variété *Hamra* donne une huile avec l'indice d'amertume le moins élevé, soit 0,120. Quant aux huiles commerciales, c'est les échantillons C₁ et C₄ qui donnent l'indice le plus et le moins élevé (0,295; 0,104), respectivement.

Aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est relevée entre les variétés *Azeradj*, *Rougette* et *Tabelout* ni l'huile C₂ et la variété *Limli*, ni entre *Tabelout* et C₅. Cependant, des différences significatives ($p < 0,05$) sont notées entre le reste des échantillons.

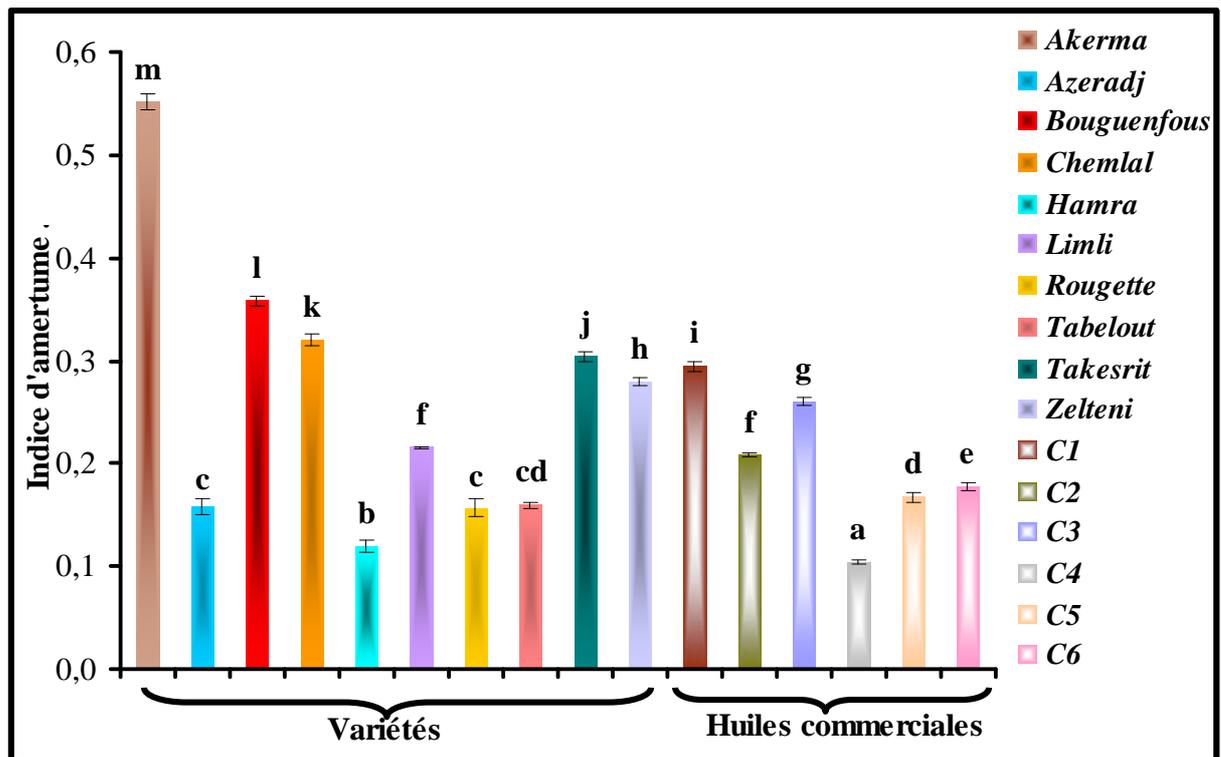


Figure 14 : Indices d'amertume des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Comparé aux teneurs en polyphénols totaux enregistrées pour les différentes huiles analysées, on remarque que ce sont les huiles les plus riches en polyphénols totaux qui enregistrent les indices d'amertume les plus élevés, donnant ainsi, un coefficient de corrélation significatif ($p < 0,05$) de 0,92 entre ces deux paramètres. En effet, les polyphénols sont les principaux composés responsables de l'amertume de l'huile d'olive. Selon Berra (1998), Aparicio et Luna (2002), Morello *et al.* (2004), ce goût amer de l'huile d'olive est attribué à l'oleuropéine glucoside et ses aglycones et aux acides phénols dérivés des acides benzoïques et cinnamiques.

Nos résultats sont en accord avec ceux de Garcia *et al.* (1996), Beltran *et al.* (2005) et Paz-Aguilera *et al.* (2005), qui ont enregistré une relation étroite entre l'indice d'amertume et les concentrations en polyphénols totaux. Morello *et al.* (2006), ont enregistré un coefficient de corrélation de 0,75. Une autre corrélation significative ($p < 0,05$) est notée entre cet indice et les concentrations en *ortho*-diphénols ($r = 0,77$). Baccouri *et al.* (2008b), ont abouti à des corrélations significatives entre l'indice d'amertume et les teneurs en polyphénols totaux ainsi que celle des diphénols avec les coefficients de corrélations respectifs de 0,87 et 0,85.

Ce que l'on constate également, c'est que les huiles commerciales C₁ et C₆ malgré leurs faibles teneurs en polyphénols totaux enregistrent tout de même des indices d'amertume élevés comparées aux autres huiles moins riches en composés phénoliques telles que les

variétés (*Azeradj*, *Hamra*, *Rougette* et *Tabelout*) et l'échantillon commercial C₄. Ce qui peut s'expliquer par la présence de certains composés non phénoliques qui absorbent à 225 nm du fait qu'elles soient adultérées. Selon Baccouri *et al.* (2008b), l'intensité de l'indice d'amertume est liée à l'activité de certaines enzymes telles que les glucosidases et les estérases responsables de l'hydrolyse de l'oleuropéine durant l'extraction de l'huile d'olive et qui augmentent aussi au cours de la maturation des olives.

III.7. Activité antioxydante

II.7.1. Pouvoir réducteur

L'analyse de la figure 12 indique que le pouvoir réducteur montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les huiles des variétés et les huiles commerciales, sauf pour les deux échantillons commerciaux C₁ et C₆.

Les variétés *Akerma* et *Zelteni* exercent les meilleures activités réductrices : 182,27 et 136,61 mg d'E.A.C./Kg. Les variétés *Hamra* et *Rougette* exercent un faible pouvoir réducteur, elles enregistrent les valeurs respectives de 18 et 6,36 mg d'E.A.C./Kg. Quant au reste des variétés, elles montrent des valeurs comprises dans l'intervalle 30,46 à 93,04 mg d'E.A.C./Kg. Les huiles commerciales sont moins performantes elles enregistrent des activités entre 4,03 mg d'E.A.C./Kg pour l'huile C₁ et 44,22 mg d'E.A.C./Kg pour l'huile C₅. Ce qui indique une activité très opérante des variétés d'huile étudiées par neutralisation des radicaux libres et formation de composés plus stables.

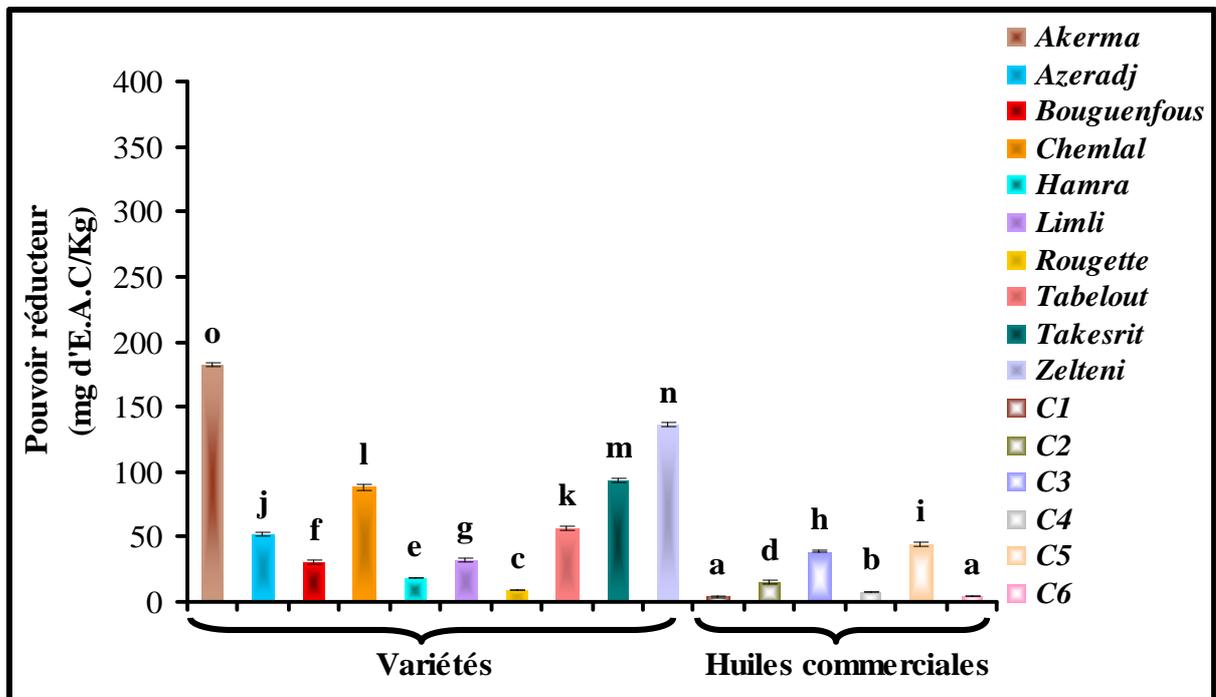


Figure 15 : Pouvoir réducteur des extraits des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),
* les barres verticales représentent les écarts types.

Les antioxydants ayant une propriété réductrice, tels que les polyphénols, présents dans les extraits d'huiles d'olive, réagissent comme donneurs d'électrons entraînant la réduction du complexe Fe^{3+} ferrique (de couleur jaune) en fer ferreux Fe^{2+} (de couleur bleus verdâtre), dont l'intensité est proportionnelle au pouvoir réducteur (Gulçin et al., 2007). La nature et la concentration en antioxydants contrôlent l'intensité du pouvoir réducteur.

D'après nos résultats, on constate que les extraits d'huiles riches en composés phénoliques totaux et en *ortho*-diphénols présentent les meilleurs pouvoirs réducteurs. Des corrélations positives, significatives ($p < 0,05$) sont obtenues entre le pouvoir réducteur et les teneurs en polyphénols totaux ($r = 0,83$) ainsi que celles en *ortho*-diphénols ($r = 0,70$).

III.7.2. Activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique sur le radical DPPH

Les résultats du pouvoir antiradicalaire des extraits méthanoliques exprimés en mg d'E.A.G./Kg (figure 13) et en pourcentage d'inhibition du radical DPPH (figure 14), indiquent que toutes les huiles d'olive analysées possèdent la capacité de piéger le radical DPPH et leur capacité diffèrent significativement ($p < 0,05$) entre certains échantillons, toutefois aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est observée entre les huiles *Bouguenfous*, *Hamra* et *C₄*, entre *C₁*, *C₅* et la variété *Azeradj* ni entre *C₃* et *Zelteni*.

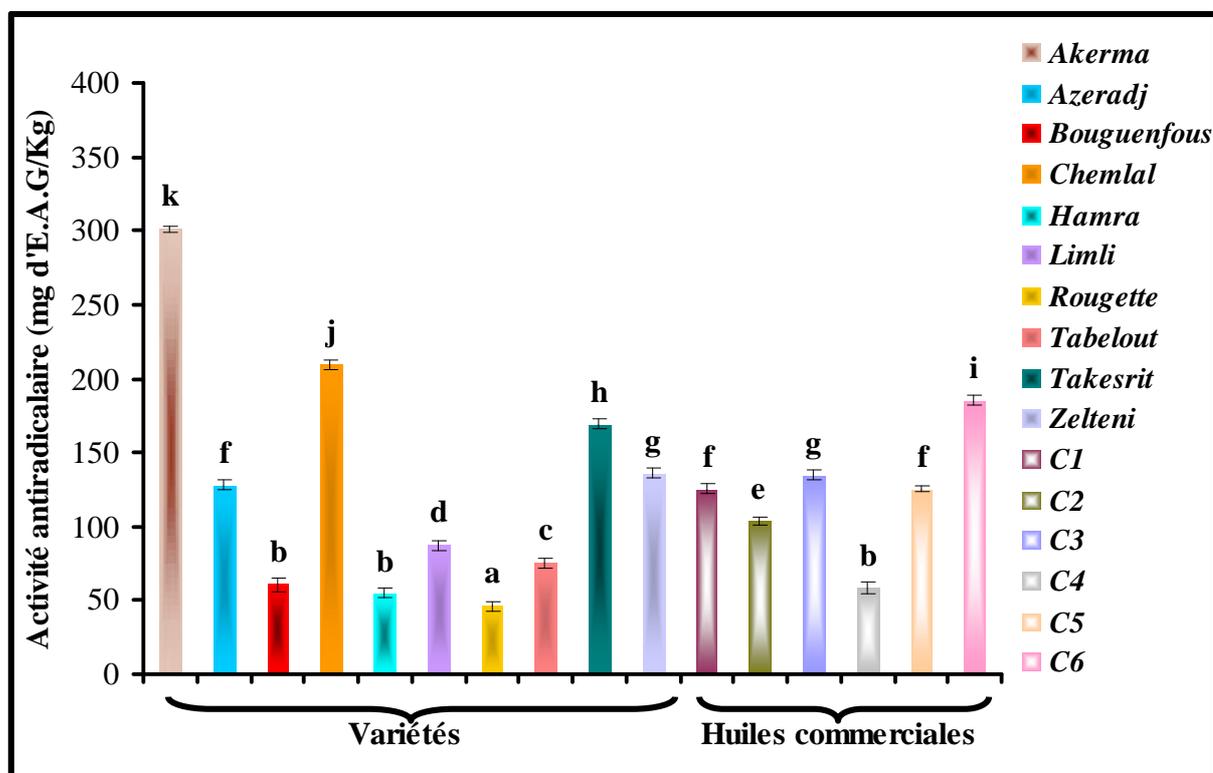


Figure 16 : Activité antiradicalaire des extraits des différents échantillons d'huiles sur le radical DPPH.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écart types.

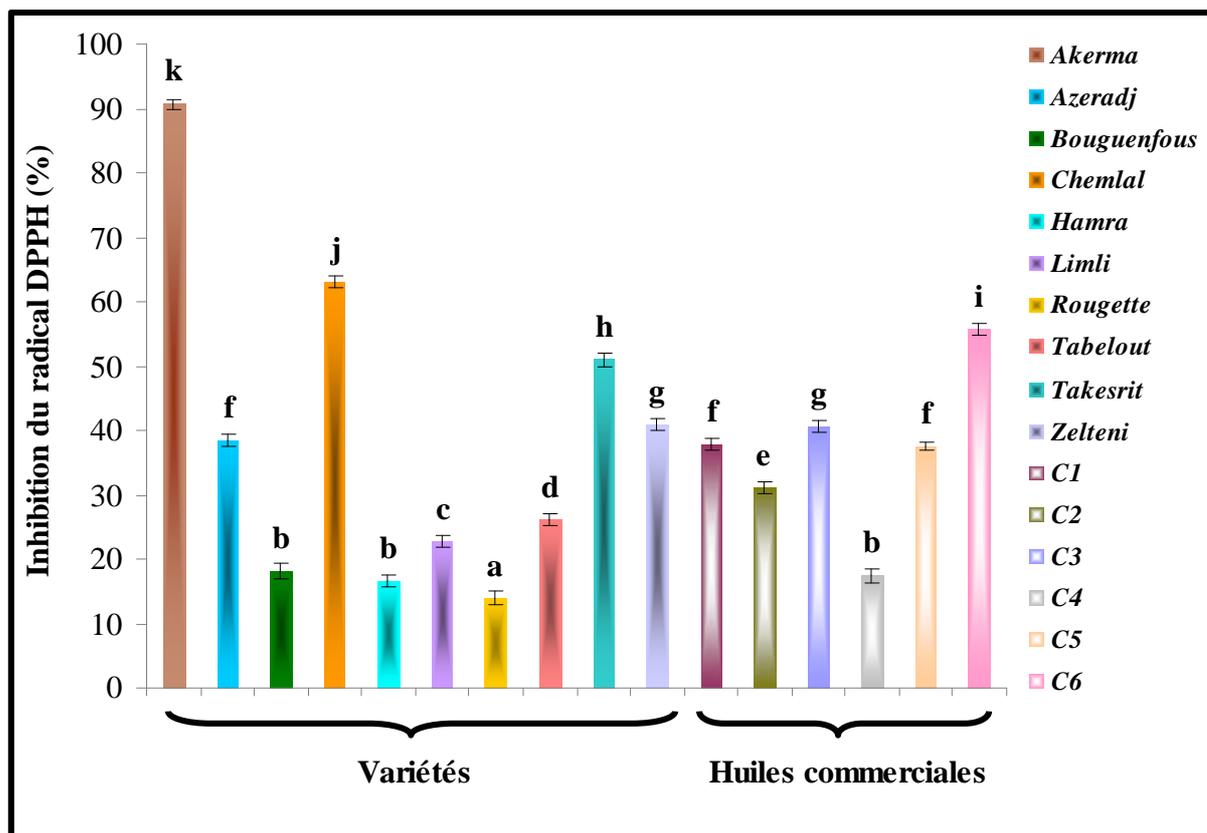


Figure 17 : Pourcentages d'inhibition du radical DPPH des extraits des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Nos résultats révèlent une fois de plus la performance de la variété *Akerma* qui inhibe le radical DPPH à 90,67 % après un temps d'incubation de 60 min, elle enregistre ainsi une activité antiradicalaire de 301,17 mg d'E.A.G./Kg, suivie de la variété *Chemlal* pour laquelle on note une activité de 209,63 mg d'E.A.G./Kg soit un pourcentage d'inhibition de 63,11%.

La variété *Rougette* enregistre la valeur minimale, 46,42 mg d'E.A.G./Kg, c'est l'extrait qui présente la plus faible activité antiradicalaire, elle n'inhibe que 13,98 % du radical DPPH. Cette faible activité est liée aux faibles teneurs en composés phénoliques (polyphénols totaux et *ortho*-diphénols : 75,07 et 4,50 mg/Kg, respectivement).

D'après l'analyse des résultats, on constate que la variété *Takesrit* présente une plus forte activité que la variété *Zelteni*, malgré que cette dernière soit plus riche en polyphénols totaux, et qu'en dépit de l'écart important dans les teneurs en polyphénols totaux chez les variétés *Azeradj* (162,15 mg/Kg) et *Zelteni* (346,11 mg/Kg), leurs activités montrent un faible écart soient les valeurs respectives de 127,88 mg d'E.A.G./Kg (38,5 %) et 136,10 mg d'E.A.G./Kg (40,97 %). Ceci serait en relation avec les concentrations en *ortho*-diphénols, car la variété *Zelteni* est moins riche en *ortho*-diphénols, elle ne contient que 3,72 mg/Kg tandis que

Takesrit et *Azeradj* contiennent respectivement 11,37 et 10,36 mg/Kg. Selon Baldioli *et al.* (1996), Monti *et al.* (2001), Nissiotis et Tasioula-Margari, (2002), Huang et Sumpio (2008), les composés *ortho*-diphénoliques, tels que l'hydroxytyrosol, l'oleuropéine aglycone et l'acide caféique, sont plus impliqués dans l'activité antioxydante.

Et selon Visioli et Galli (1998), Ollivier *et al.* (2004), la propriété antioxydante des *ortho*-diphénols est due à leur capacité à former une liaison hydrogène intramoléculaire entre l'hydrogène libre du groupement hydroxy et l'hydroxyle du radical phénoxy pour conduire à la formation d'une quinone. Cette activité est corrélée avec le nombre de groupements hydroxyles. Des corrélations significatives ($p < 0,05$) sont obtenues entre l'activité antiradicalaire et les teneurs en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols avec des coefficients respectifs de 0,75 et 0,80. Gorinstein *et al.* (2003) et Samaniego Sanchez *et al.* (2007), ont abouti à des corrélations entre l'activité antiradicalaire (au radical DPPH) et les teneurs en polyphénols totaux de l'huile d'olive avec des coefficients de corrélation de 0,98 et 0,79 respectivement.

La variété *Bouguenfous* se distingue avec des teneurs non négligeables en polyphénols totaux (375,81 mg/Kg) et en *ortho*-diphénols (6,06 mg/Kg), mais présente une faible activité scavenger du radical DPPH par rapport aux autres variétés à teneurs moins importantes, cela peut être lié au fait que cette variété soit récoltée à un stade avancé donc riche en chlorophylles, lesquelles sont impliqués dans le phénomène d'auto-oxydation, mobilisant ainsi les composés phénoliques, ce qui réduit son activité, mais aussi à la nature et à la structure des polyphénols présents qui conditionnent cette activité. Selon Brenes *et al.* (1999) et Rovellini et Cortesi (2003), au début de maturité (stade vert), les composés majeurs sont l'oleuropéine et le tyrosol par contre aux stades plus avancés (tournant et noir) se sont plutôt les *ortho*-diphénols (hydroxytyrosol et acide caféique) qui sont majoritaires.

Les extraits méthanoliques des huiles commerciales exercent une activité antiradicalaire comprise dans l'intervalle de 57,98 mg d'E.A.G./Kg pour C₃ à 185,32 mg d'E.A.G./Kg pour C₆ soient une inhibition de 17,46 % à 55,79 %, respectivement. Les huiles détectées comme adultérées présentent une activité antioxydante importante par rapport aux autres huiles commerciales et ce malgré leurs faibles teneurs en composés phénoliques totaux, on pourrait attribuer cette activité à la présence de composés non phénoliques ayant une capacité à piéger le DPPH.

Lesage-Meessen *et al.* (2001), ont testé l'activité antioxydante au radical DPPH des extraits méthanoliques des huiles d'olive obtenues par le système d'extraction à deux et à trois phases, et ont conclu que l'huile obtenue par le système à deux phases présente une meilleure activité antioxydante que l'huile extraite par le système à trois phases, ils ont attribué ce

résultat au fait que l'huile du système à deux phases soit plus riche en *ortho*-diphénols principalement en hydroxytyrosol.

III.7.3. Activité antiradicalaire de l'huile sur le radical DPPH

La mesure de l'activité antiradicalaire des échantillons d'huile d'olive sur le radical DPPH a permis de constater que l'effet scavenger du radical DPPH augmente au fur et à mesure que les concentrations en huile et en composés de références (acide gallique, acide caféïque, α -tocophérol et BHA) augmentent.

L'analyse statistique relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les huiles des variétés et les huiles commerciales, néanmoins, aucune différences significatives ($p < 0,05$) n'est notée entre les échantillons *Akerma* et *C₆*, *Rougette* et *C₃*, *C₂* et *C₅* et entre les variétés *Takesrite* et *Zelteni*.

Nos résultats (figure 15) indiquent que l'huile de la variété *Akerma* présente l'activité antiradicalaire maximale (349,22 mg d'E.A.G./Kg). Elle enregistre, ainsi, la plus faible valeur EC_{50} soit 42,17 mg/ml (tableau V), correspondant à une meilleure efficacité de cette huile dans la neutralisation du radical DPPH, ce qui est lié à la richesse de cette variété en composés antioxydants. En effet, cette huile présente les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux, en *ortho*-diphénols et en α -tocophérol et une teneur non négligeable en caroténoïdes soit un total de composés antioxydants de 884,58 mg/Kg.

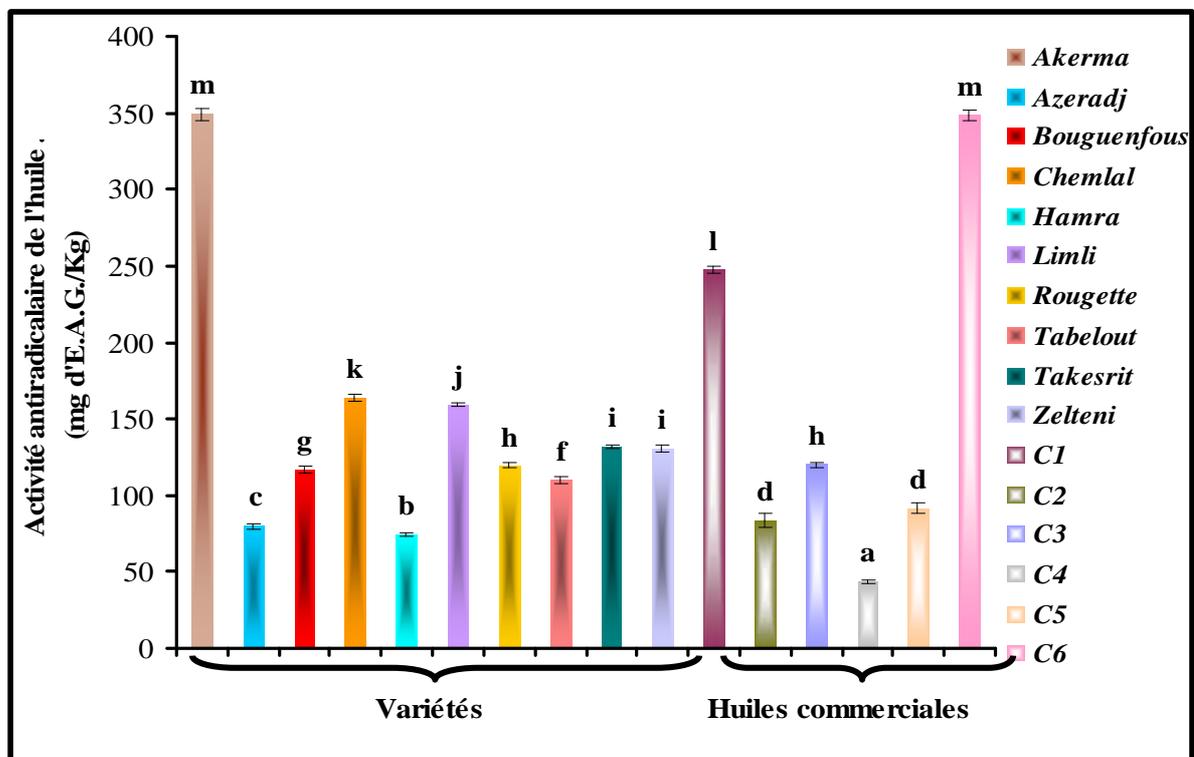


Figure 18 : Activité antiradicalaire des différents échantillons d'huiles sur le radical DPPH.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

Tableau XVI : Concentrations efficaces 50 des différents échantillons d'huiles.

Variété	Concentration (mg/ml)
<i>Akerma</i>	42,17 ± 0,10 ^a
<i>Azeradj</i>	158,83 ± 0,58 ^k
<i>Bouguenfous</i>	109,36 ± 0,52 ^g
<i>Chemlal</i>	78,75 ± 1,47 ^c
<i>Hamra</i>	162,29 ± 1,96 ^l
<i>Limli</i>	81,57 ± 1,10 ^d
<i>Rougette de Mitidja</i>	100,83 ± 1,06 ^f
<i>Tabelout</i>	112,59 ± 1,85 ^h
<i>Takesrit</i>	89,28 ± 0,10 ^e
<i>Zelteni</i>	88,97 ± 0,36 ^e
C ₁	50,17 ± 0,52 ^b
C ₂	136,95 ± 1,50 ^j
C ₃	99,9 ± 0,14 ^f
C ₄	267,98 ± 2,50 ^m
C ₅	124,68 ± 1,13 ⁱ
C ₆	40,67 ± 0,46 ^a

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative (p<0,05),

* Chaque valeur représente la moyenne ± écart type (n = 3).

La plus faible activité est obtenue pour l'échantillon *Hamra* (74,52 mg d'E.A.G./Kg) correspondant à une variété à teneur faible en antioxydants (somme des teneurs en caroténoïdes, polyphénols totaux et α -tocophérol) de 223,30 mg/Kg. Elle présente la valeur la plus élevée EC₅₀ (162,29 mg/ml). Malgré les faibles teneurs en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols (75,07 et 4,5 mg/Kg, respectivement) de la variété *Rougette*, elle exerce une activité antiradicalaire de 119,54 mg d'E.A.G./Kg, supérieure à celle des variétés : *Azeradj*, *Hamra* et *Tabelout*, qui présentent des teneurs plus élevées en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols, ceci est lié à la plus grande richesse de cette variété en α -tocophérol (378 mg/Kg), car à l'opposé l'activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique de cette variété est faible comparée à ces trois variétés. La variété *Rougette* se montre alors plus efficace avec une EC₅₀ de 100,83 mg/ml. Selon Lo Curto *et al.* (2001), Morello *et al.* (2004) et Grigoriadou *et al.* (2007), l' α tocophérol présente une forte activité antioxydante.

L'efficacité des huiles commerciales C₂, C₃, C₄ et C₅ à piéger le DPPH suit le profile en antioxydants. Les EC₅₀ enregistrées sont dans l'ordre croissant de 99,9 ; 124,68 ; 136,95 et

267,98 mg/ml correspondant respectivement aux échantillons C₃, C₅, C₂ et C₄, leurs activités antiradicalaires sont respectivement : 119,95 ; 91,97 ; 83,99 et 43,73 mg d'E.A.G./Kg et leurs teneurs respectives en antioxydants (somme des teneurs en caroténoïde, polyphénols totaux et α -tocophérol) sont : 390,04 ; 341,02 ; 243,03 et 158,46 mg/Kg. Cependant, les huiles adultérées C₁ et C₆ se montrent plus performantes en terme d'activité antiradicalaire malgré leurs faibles teneurs en composés phénoliques avec des activités respectives de 247,76 mg d'E.A.G./Kg et 348,59 mg d'E.A.G./Kg et des EC₅₀ les plus faibles (40,67 et 50,17 mg/ml, respectivement), la forte activité antiradicalaire de l'huile C₁, malgré ses faibles teneurs en polyphénols et caroténoïdes, est due à sa plus grande richesse en α -tocophérol par contre l'huile C₆ renferme de faibles teneurs en antioxydants (127,96 mg/Kg) donc son activité antiradicalaire serait liée à la présence d'autres composés donneurs de protons et d'électrons.

Toutefois, toutes les huiles d'olive analysées présentent des EC₅₀ supérieures à celles des composés de référence acide gallique (13,4 μ g/ml), acide caféique (16,84 μ g/ml), BHA (17,24 μ g/ml) et α -tocophérol (60,24 μ g/ml).

L'activité antiradicalaire des différentes huiles d'olive étudiées présente des corrélations positives ($p < 0,05$) avec les teneurs en : polyphénols totaux ($r = 0,73$), en *ortho*-diphénols ($r = 0,84$) et en α -tocophérol ($r = 0,53$). Pour la somme des polyphénols totaux, α -tocophérol et caroténoïdes le coefficient de corrélation est plus élevé ($r = 0,88$). Par contre, les corrélations sont négatives ($p < 0,05$) entre les EC₅₀ et le contenu en antioxydant des différentes huiles étudiées. Les coefficients de corrélation sont de -0,59 pour les polyphénols totaux, -0,56 pour les *ortho*-diphénols, -0,52 pour l' α -tocophérol et de -0,73 pour la somme des polyphénols totaux, α -tocophérol et caroténoïdes. Cependant, aucune corrélation n'est notée entre l'activité antiradicalaire ni les EC₅₀ avec les teneurs en caroténoïdes.

III.7.4. Activité scavenger sur le peroxyde d'hydrogène

L'analyse statistique des pourcentages d'inhibition du peroxyde d'hydrogène (figure 16), relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les extraits méthanoliques des différentes huiles d'olive testées. Cependant aucune différence significative n'est relevée entre certains extraits à savoir : les extraits des huiles *Hamra* et *Limli*, *Chemlal* et C₆, *Limli* et C₁, *Zeltzni* et C₅, *Takesrit*, *Zlteni* et C₂ et entre les deux huiles commerciales C₁ et C₅. Contrairement aux résultats du pouvoir réducteur et de l'activité antiradicalaire au DPPH où la variété *Akerma* présentait la meilleure activité, pour ce test c'est la variété *Chemlal* qui se montre plus performante avec un pourcentage d'inhibition du peroxyde d'hydrogène de 47,23 % suivie de la variété *Akerma* (43,95 %).

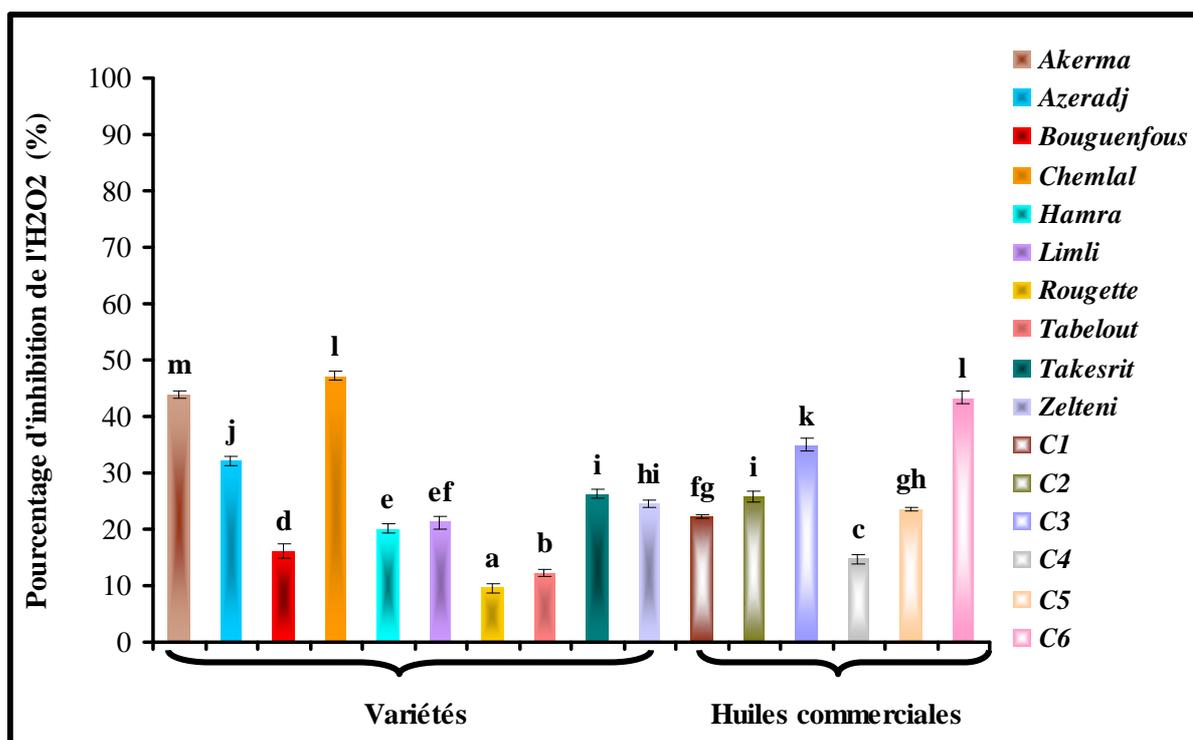


Figure 19 : Pourcentages d'inhibition du peroxyde d'hydrogène des extraits des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

L'extrait de la variété *Rougette* enregistre toujours la plus faible activité, il inhibe 9,53 % d'H₂O₂, les autres variétés montrent des pourcentages d'inhibition compris dans l'intervalle de 12,14 % à 32,2 %. La variété *Bouguenfous* montre une fois de plus une faible activité antioxydante malgré sa forte concentration en polyphénols totaux comparée aux autres variétés moins riches mais ayant une plus grande activité telles que *Azeradj*, *Hamra*, *Limli* et *Takesrit*.

Les huiles commerciales enregistrent des pourcentages d'inhibition du peroxyde d'hydrogène compris entre 14,7 % (C₄) et 43,34 % (C₆) avec des pourcentages élevés pour les échantillons adultérés C₁ et C₆ comparés aux autres échantillons à teneurs plus élevées en polyphénols totaux.

La décomposition de l'H₂O₂ en eau implique un transfert d'électrons selon la réaction : $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ (Balasundram *et al.*, 2005). De ce fait, l'inhibition du peroxyde d'hydrogène par les extraits méthanoliques de l'huile d'olive est due à la présence de composés ayant la capacité de donneurs d'électrons comme les composés phénoliques. Une corrélation positive, significatives ($p < 0,05$) est notée entre les pourcentages d'inhibition du peroxyde d'hydrogène et les teneurs en polyphénols totaux ainsi qu'en *ortho*-diphénols avec des coefficients de corrélation respectives de 0,61 et 0,63. Une autre corrélation significative

est notée entre le pouvoir réducteur et les pourcentages d'inhibition du peroxyde d'hydrogène ($r = 0,62$).

III.7.5. Dégradation du β -carotène par l'acide linoléique

La figure 17, montre les taux d'inhibition de la dégradation du β -carotène des différents échantillons étudiés. D'après ces résultats, on remarque que la majorité des extraits méthanoliques d'huiles d'olive exhibent un pourcentage d'inhibition important, lié à la richesse de ces extraits en composés ayant une structure moléculaire possédant un ou plusieurs groupements hydroxyles qui sont les responsables essentiels de l'activité antioxydante. Cependant, les extraits de la variété *Rougette* et des huiles commerciales C_1 et C_4 enregistrent des pourcentages d'inhibition faibles ($< 50\%$).

Aucune différence significative ($p < 0,05$) n'est notée entre les extraits des huiles *Azeradj* et *Bouguenfous*, *Chemlal* et *Zelteni*, *Limli* et *Tabelout*, *Bouguenfous* et *Takesrit*, *Azeradj* et *Limli*, *Tabelout* et C_6 , *Hamra*, C_2 et C_5 et entre C_3 et C_6 . Des différences significatives ($p < 0,05$) sont notées entre le reste des échantillons.

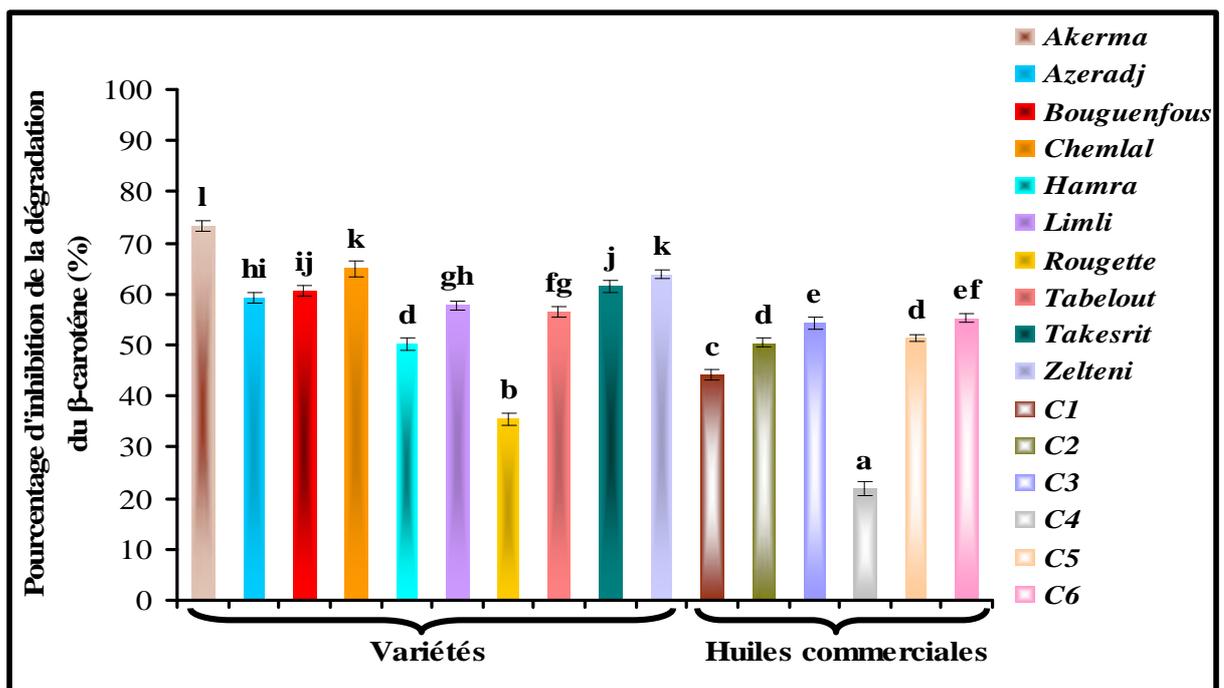


Figure 20 : Pourcentages d'inhibition de la dégradation du β -carotène des extraits des différents échantillons d'huiles.

* les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$),

* les barres verticales représentent les écarts types.

La variété *Akerma* montre le plus fort potentiel à inhiber la dégradation du β -carotène avec un pourcentage de 73,26 %, suivie de la variété *Chemlal* avec 65 % d'inhibition. Ceci est lié à la richesse de ces extraits en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols. Paradoxalement, les extraits des huiles C₁ et C₆, malgré, leurs très faibles teneurs en polyphénols totaux, ils présentent tout de même des pourcentages d'inhibition élevés (44,22 % et 55,28 %, respectivement), comparés à d'autres extraits à teneurs plus élevées en polyphénols totaux mais présentant de faibles pourcentages d'inhibitions tels que *Rougette* et C₄.

On remarque aussi que c'est l'échantillon C₆ qui est le moins riche en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols mais qui enregistre l'activité antioxydante la plus élevée. Ces résultats pourraient être dues à la présence de certains composés ayant la capacité d'inhiber l'oxydation du β -carotène en piégeant de manière sélective les produits d'auto-oxydation de l'acide linoléique épargnant ainsi le β -carotène, rappelant que ces deux huiles C₁ et C₆ sont adultérées.

Des corrélations positives ($p < 0,05$) sont notées entre les teneurs en polyphénols totaux et *ortho*-diphénols avec les pourcentages d'inhibition de la dégradation du β -carotène avec des coefficients de corrélations respectives de 0,80 et 0,59.

Gorinstein *et al.* (2003), ont abouti à une corrélation positive ($r = 0,99$) en appliquant cette méthode sur des extraits méthanoliques de quelques huiles d'olive espagnoles.

Conclusion

Conclusion

L'étude réalisée a pour but l'évaluation de la qualité et le dosage des substances antioxydantes de l'huile de dix variétés d'olives algériennes cultivées à Bejaia et de quelques huiles d'olives commerciales de la vallée de la Soummam et d'estimer leur pouvoir antioxydant.

Les déterminations sur les fruits d'olives des différentes variétés permettent de conclure que l'indice de maturité, le poids, la teneur en eau ainsi qu'en huiles des olives varient considérablement en fonction de la variété. Les variétés *Akerma*, *Tabelout*, *Azeradj* et *Zelteni* sont intéressantes car elles sont considérées comme variétés à teneur élevée en huile (> 46 % de matière sèche).

Concernant la composition en acides gras, toutes les huiles d'olives issues des dix variétés étudiées présentent des teneurs en différents acides gras répondant aux normes établies par le COI (2003), pour les huiles d'olives extra vierge, avec une prédominance de l'acide oléique et des variations cultivars-dépendantes. Pour les huiles commerciales, les échantillons C₁ et C₆ enregistrent de très faibles teneurs en acide oléique (30,4 et 27,57 %, respectivement) et des teneurs très élevées en acide linoléique (46,21 et 48,96 %, respectivement), linoléique (5,46 et 5,14 %, respectivement) et des isomères trans linoléique (0,31 et 0,4 %, respectivement) et trans linoléique (0,26 et 0,48 %, respectivement) dépassant la norme du COI (2003) et permettant ainsi de conclure une adultération de ces deux huiles. Les fabricants cherchent à augmenter leurs profits en remplaçant une huile de qualité élevée par des substituts de catégories inférieures et de meilleur marché, telle que l'addition de l'huile d'olive raffinée, l'huile de grignon d'olive ou encore l'huile de graines.

Le dosage des différents antioxydants de l'huile d'olive, à savoir : les tocophérols, les caroténoïdes, les polyphénols totaux et les *ortho*-diphénols montre que certaines variétés sont intéressantes en raison de leurs teneurs en composés mineurs : la variété *Akerma* pour ses teneurs élevées en α -tocophérol (389,5 mg/Kg), polyphénols totaux (470,3 mg/Kg) et *ortho*-diphénols (45,16 mg/Kg) et les variétés *Rougette* et *Limli* pour leurs teneurs élevées en α -tocophérol (378 mg/Kg) et en tocophérols totaux (447 mg/Kg), respectivement. Les huiles commerciales C₁ et C₆ montrent des teneurs très faibles en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols, en raison de leur adultération.

Nos résultats montrent que la variété influe très étroitement la composition quantitative de la fraction dite « composés mineurs », laquelle, en plus de son influence sur les caractéristiques organoleptiques de l'huile d'olive, détermine sa résistance à l'oxydation.

L'activité antioxydante des extraits méthanoliques des huiles d'olive varie considérablement en fonction de la variété, elle est fonction de la nature et de la concentration

en composés phénoliques qui est elle-même fonction de la maturité des olives mais aussi de la présence d'autres groupements donneurs d'hydrogène et d'électron tels (SH, NH,...). La variété *Akerma* se montre très performante avec la meilleure activité réductrice (182,27 mg E.A.C./Kg), le meilleur pouvoir antiradicalaire des extraits phénoliques sur le radical DPPH (301,17 mg E.A.G./Kg) et la plus forte capacité à inhiber l'oxydation du β -carotène (73,26%). La variété *Chemlal* la suit de près et montre une meilleure capacité à inhiber le peroxyde d'hydrogène (47,23 %). La meilleure activité antiradicalaire de l'huile sur le DPPH est enregistrée pour la variété *Akerma* qui renferme des teneurs importantes en antioxydants, à savoir, les polyphénols totaux, les *ortho*-diphénols, les caroténoïdes et l' α -tocophérol. Les huiles détectées comme adultérées (C₁ et C₆), présentent une activité antioxydante importante par rapport aux autres huiles commerciales.

Des corrélations significatives ont été établies entre les polyphénols totaux et les *ortho*-diphénols avec les différentes activités antioxydantes des extraits étudiés à savoir : le pouvoir réducteur, l'activité antiradicalaire, l'inhibition du peroxyde d'hydrogène et de la dégradation du β -carotène, témoignant ainsi que les composés phénoliques sont impliqués dans l'activité antioxydante et que leur teneur contrôle cette activité.

L'activité antiradicalaire de l'huile sur le DPPH suit non seulement les teneurs en polyphénols totaux ($r = 0,73$) et *ortho*-diphénols ($r = 0,84$) mais aussi celles en α -tocophérol ($r = 0,53$), la meilleure corrélation est notée entre cette activité et la somme des teneurs en polyphénols totaux, en caroténoïdes et en α -tocophérol ($r = 0,88$). Tandis qu'aucune corrélation n'est observée entre l'activité antiradicalaire des extraits phénoliques sur le DPPH et les teneurs en α -tocophérol ainsi qu'avec la somme des teneurs en polyphénols totaux, en caroténoïdes et en α -tocophérol, témoignant de l'implication de ces substances, présentes dans l'huile d'olive et absentes dans l'extrait phénolique, dans le pouvoir antiradicalaire de l'huile.

Les valeurs EC₅₀ sont inversement proportionnelles à celles de l'activité antiradicalaire de l'huile. Elles montrent des corrélations significatives négatives avec les teneurs en polyphénols totaux, en *ortho*-diphénols, en α -tocophérol et une meilleure corrélation est obtenue avec la somme des antioxydants (polyphénols totaux, α -tocophérol et caroténoïdes).

La qualité des huiles tirées des dix variétés, extraites dans de meilleures conditions, est nettement supérieure à celle des huiles commerciales, cet écart dans la qualité se justifie par des pratiques de fabrication archaïques en Algérie, à commencer de la récolte, aux étapes successives de transport, de stockage et d'extraction, jusqu'au conditionnement de l'huile. Des mesures sont à prendre et les normes de fabrication doivent être scrupuleusement respectées en amont et en aval pour améliorer la qualité de l'huile d'olive algérienne qui lui ouvrirait des perspectives certaines dans le marché mondial de plus en plus demandeur.

Autrement dit, l'huile d'olive algérienne a tous les atouts pour être consommée et connue à l'échelle internationale sous un « Label algérien ».

La caractérisation variétale, a pour objectif, l'amélioration de la qualité de nos huiles par le choix des variétés performantes. Les données de notre étude montrent que des variétés algériennes sont à prendre en considération lors d'une sélection variétale (pour des nouvelles plantations d'olivier) ou pour remplacer des vieilles oliveraies ou encore à faire l'objet d'un croisement entre variétés pour obtenir des hybrides donnant des huiles de meilleures qualités, parmi les dix variétés étudiées les plus intéressantes sont :

- ❖ La variété *Akerma* qui est la plus performante, elle se distingue des neuf autres par les teneurs les plus élevées en composés mineurs (polyphénols totaux, *ortho*-diphénols et α -tocophérol), montrant ainsi la meilleure activité antioxydante et la plus faible EC_{50} ;
- ❖ La variété *Chemlal*, qui donne une huile très douce avec une acidité ne dépassant pas 0,08 % d'acide oléique et une activité antioxydante importante ;
- ❖ La variété *Rougette de Mettidja* pour ses teneurs très appréciables en acide oléique (81,06 %) et en α -tocophérol (378 mg/Kg) ;
- ❖ Les variétés : *Tabelout*, *Azeradj* et *Zelteni* ayant des teneurs élevées en huile et des teneurs appréciables en acide oléique. Les huiles de ces variétés sont aussi à recommander pour des procédés de coupage des huiles d'olives afin de mettre au point des mélanges très équilibrés en composés chimiques, principalement, en antioxydants.

Il serait nécessaire d'étayer ce travail par la quantification des stérols et des triglycérides, l'isolement et l'identification des composés phénoliques, de les analyser qualitativement et quantitativement et de réaliser des tests *in vivo* complémentaires qui permettraient une meilleure évaluation de l'activité antioxydante de l'huile d'olive. Des études sont à envisager sur d'autres cultivars, si ce n'est sur toutes les variétés algériennes, pour une meilleure valorisation de l'oléiculture en Algérie. Il serait intéressant d'établir l'influence de certains paramètres sur la qualité et l'activité antioxydante de l'huile d'olive à savoir :

- ❖ L'effet de la maturation des olives pour déterminer le stade optimal de récolte ;
- ❖ L'effet du stockage des olives avant extraction ;
- ❖ L'effet du procédé et des paramètres d'extraction ;
- ❖ L'effet du stockage de l'huile et le type d'emballage ;
- ❖ Des connaissances plus poussées en fonction des zones de production pour permettre de mettre sur le marché des AOP (appellation d'origine protégée) pour l'huile d'olive algérienne.

L'huile d'olive est un produit précieux et semble ne pas dévoiler tous ses secrets, la recherche scientifique a encore du chemin à faire.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- Abaza L., Msalem M., Daoud D. and Zarrouk M.** 2002. Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 9 (2) : 9-174.
- Ait Yacine Z., Hilali S. and Serhrouchni M.** 2001. Etude de quelques paramètres déterminants de la date de récolte des olives dans le périmètre du Tadla. *Olivae*, 88 : 39-45.
- Ait Yacine Z., Serhrouchni M. and Hilali S.** 2002. Evolution de la composition acide de l'huile d'olive à différents stades de la maturité des olives. Cas du Périmètre du Tadla- Maroc. *Olivae*, 94 :51-53.
- Ajana H., El Antari A. and Hafidi A.** 1998. Fatty acids and sterols evolution during the ripening of olives from the Moroccan Picholine cultivar. *Grasas y Aceites*, 49 (5-6): 405-410.
- Ajana H., El Antari A. and Hafidi A.** 1999. Evolution of biometric parameters and chemical composition of olives from the Moroccan Picholine variety during fruit ripeness. *Grasas y Aceites*, 50 (1): 1-6.
- Alais C., Linden G. and Miclo L.** 2003. Lipides. In: *Biochimie alimentaire*. Ed Dunod, pp. 51-71.
- Alba-Mendoza J. A.** 1999. Séparation des phases solide et liquide (Analyse des différentes méthodes). Séminaire international sur les innovations scientifiques et leurs applications en oléiculture et oleotechnique, Florence, 10, 11 et 12 mars 1999. Conseil Oléicole International, 1-20.
- Allalout A., Krichène D., Methenni K., Taamalli A., Oueslati I., Daoud D. and Zarrouk M.** 2008. Characterization of virgin olive oil from Super Intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae*, doi: 10.1016/j. scienta. 2008.10.006.
- Amro B., Aburjai T. and Al-Khalil S.** 2002. Antioxidative and radical scavenging affects of olive cake extract . *Fitoterapia*, 73: 456-461.
- Angerosa F. and Di Giovacchino L.** 1996. Natural antioxidants of virgin olive oil obtained by two and tri-phase centrifugal decanters. *Grasas y Aceites*, 47 (4): 247-254.
- Angerosa F., Mostallino R., Basti C. and Vito R.** 2001. Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chemistry*, 72: 19-28.
- Aparicio R. and Luna G.** 2002. Characterisation of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipids Science and Technology*, 104:1-12.
- Aranda F., Gomez-Alonso S., Rivera del Alamo R.M. Salvador M.D. and Fregapane G.** 2004. Triglyceride, total and 2-position fatty acid composition of Cornicabra virgin olive oil: Comparison with other Spanish cultivars. *Food Chemistry*, 86: 485–492.

Artajo Medina L.S. 2006. Phenolic Compounds: Their Role During Olive Oil Extraction and in Flaxseed – Transfer and Antioxidant Function. Thèse doctorat Technologie des aliments. Pp : 21.

Assmann G. and Wahrburg U. 2000. Effets des composants mineurs de l'huile d'olive sur la santé. Institut de recherche sur l'athérosclérose, université de Mûnste, Allemagne : 1-8.

Avidon B., Ogrodovitch A. and Lavee S. 1997. Un système fiable et rapide de dosage de la teneur en huile du fruit de l'olivier par agitation. *Olivae*, 67 : 44-47.

B

Baccouri B., Ben Temime S., Campeol E., Cioni P. L., Daoud D. and Zarouk M. 2007. 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 O., Bendini A., Cerretani L., Guerfel M., Baccouri B., Lercker G., Zarrouk M. and Ben Miled D.D. 2008a. Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils. *Food Chemistry*, 111: 322–328.

Baccouri O., Cerretani L., Bendini A., Lercker G., Zarrouk M. and Ben Miled D.D. 2008b. Phenol content as correlated to antioxidant activity and gustative characteristics of Tunisian monovarietal virgin olive oils. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 85: 189-195.

Baccouri O., Guerfel M., Baccouri B., Cerretani L., Bendini A., Lercker G., Zarrouk M. and Ben Miled D. D. 2008c. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, 109:743-754.

Balasundram N., Yew Ali T., Sambanthamurthi R., Sundram K. and Samman S. 2005. Antioxidant properties of palm fruit extracts. *Asia Pac J Clinical Nutrition*, 4 (4): 319-324.

Baldioli M., Servili M., Perretti G. and Montedoro G. F. 1996. Antioxydant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 73 (11): 1589-1593.

Beltran G., Paz Aguilera M., Del Rio C., Sanchez S. and 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., Cerretoni L., Bigguzi B. Lercker G. and Toschi T.G. 2003. Liquid-liquid and solid-phase extractions of phenols from virgin olives oil and their separation by chromatographic and electrophoretic methods. *Journal of chromatography A*. 985:425-433.

Benkeblia N. 2005. Free-Radical scavenging capacity and antioxydant properties of some selected onions (*Allium cepa L.*) and garlic (*Allium sativum L.*) extracts. *Brazilian Archive of Biology and Technology*, 48:753-759.

Ben Tekaya I. and Hassouna M. 2005. Étude de la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge extra tunisienne au cours de son stockage. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 12 (5-6) : 447-453.

Benyahia N. and Zein K. 2003. Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. contribution spéciale de sustainable Business (Suisse) : 1-8.

Berra B. 1998. Les composants mineurs de l'huile d'olive : aspects biochimiques et nutritionnels. *Olivae*, 73: 29-30.

Bester E., Butinar B., Bucar-Miklavcic M. and Golob T. 2008. Chemical changes in extra virgin olive oils from Slovenian Istra after thermal treatment. *Food Chemistry*, 108: 446-454.

Bianchi G. 2003. Lipids and phenols in table olives. *European Journal of Lipids and Science Technology*, 105: 229-242.

Bisignano G, Tomaino A, Lo Cascio R, Crisafi G, Uccella N. and Saija A. 1999. Acyivité antimicrobienne in vitro de l'oleuropéine et de l'hydroxytyrosol. *Pharmacology*, 51(8):971-4.

Bonnefont-Rousselot D., Thérond P. and Delattère. 2003. radicaux libres et antioxydants. In : biochimie pathologique : aspects moléculaires et cellulaires. Ed. Flammarion Medecine-Sciences, pp. 59-81.

Brenes M., Garcia A., Garcia P., Rios J.J. and Garrido A. 1999. Phenolic Compounds in Spanish Olive Oils. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47: 3535-3539.

C

Caponio F., Alloggio V. and Gomes T. 1999. Phenolic compounds of virgin olive oil: influence of paste preparation techniques. *Food Chemistry*, 64:203-209.

Carralafuente E. L. 2003. Les bienfaits de l'huile d'olive. *Diabetes Voice*, 48 (4): 36-38.

Caruso D., Colombo R., Patelli R., Giavarini F and Galli G. 2000. Rapid Evaluation of Phenolic Component Profile and Analysis of Oleuropein Aglycon in Olive Oil by Atmospheric Pressure Chemical Ionization-Mass Spectrometry (APCI-MS). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48: 1182-1185.

Caselli S., Modi G., Nizzi Grifi F and Fiorino P. 1993. Variabilité de la composition en acides gras, en stérols et en alcools de l'huile d'olive de cultivars de la Toscane. *Olivae*, 47 : 46-50.

Çavusoglo A. and Oktar 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.

Ceci L.N. and Carelli A.A. 2007. **Characterization of monovarietal Argentinian olive oils from new productive zones.** *Journal of American Oil Chemist's Society*, 84: 1125-1136.

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

Cerretani L., Bendini A., Rotondi A., Mari M., Lercker G. and Gallina Toschi T. 2004. Evaluation of the oxidative stability and organoleptic properties of extra-virgin olive oils in relation to olive ripening degree. *Progress in Nutrition*, 6 (1): 50-56.

Chartzoulakis K.S. 2005. Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agricultural Water Management*, 78: 108–121.

Chimi H. 2001. Qualité des huiles d'olive au Maroc. Transfert de Technologie en Agriculture. *Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture*, 79: 1-4.

Chimi H. 2006. Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. *Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture*, 141 : 1-4.

Christopoulou E., Lazaraki M. and Alexiou F. 1995. La qualité de l'huile d'olive vierge grecque : critères chimiques et organoleptiques. *Olivae*, 56: 54-59.

Christopoulou E., Lazaraki M., Komaitis M. and Kaselimis K. 2004. Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils. *Food Chemistry*, 84 : 463–474

Cichelli A. and Pertesana G. P. 2004. High-performance liquid chromatographic analysis of chlorophylls, pheophytins and carotenoids in virgin olive oil: chemometric approach to variety classification. *Journal of Chromatography*, 1046:141-146.

Cololmer R. and Menéndez J.A. 2006. Mediterranean diet, olive oil and cancer. *Clin Transl Oncol*, 8 (1):15-21.

Cortesi N., Fiorino P. and Ponzetti A. 2000a. La composition de l'huile d'olive : rapport entre cultivar et systèmes d'extraction. *Olivae*, 81: 36-38.

Cortesi N., Rovellini P. and Fedeli E. 2000b. Cultivars, technologie et qualité des huiles d'olive. *Olivae*, 81: 26-35.

Cortesi N. and Rovellini P. 2004. L'état d'oxydation de l'huile d'olive vierge : effet des antioxydants naturels. *Olivae*, 101: 27-33.

Covas M.I. 2007. Olive oil and the cardiovascular system. *Nutritional Pharmacology*, 55 (3): 175-186.

Criado M.N., Motilva M.J., Goni M. and Romero M.P. 2007. Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and carotenoid fractions of drupes and virgin oils from Arbequina and Farga cultivars. *Food Chemistry*, 100: 748–755.

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

C.O.I. 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.

C.O.I. 2008. Production de l'huile d'olive. Conseil Oléicole International.

Cunha S.S., Fernandes J.O. and Oliveira M.B.P. 2006. Quantification of free and esterified sterols in Portuguese olive oils by solid-phase extraction and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 1128: 220–227.

D

De Stefano G., Piacquadio P., Servili M., Di Giovacchino L. and Sciancalepore V. 1999. Effect of extraction systems on the phenolic composition of virgin olive oils. *Fett/Lipid*, 101 (9): 328-332.

Del Caro A., Vacca V., Poiana M., Fenu P. and Piga A. 2006. Influence of technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and de-stoned fruits. *Food Chemistry*, 98: 311–316.

Del Nobile M.A., Bove S., La Notte E. and Sacchi R. 2003. Influence of packaging geometry and material properties on the oxidation kinetic of bottled virgin olive oil. *Journal of Food Engineering*, 57:189–197.

Delplanque B., Jusselin I., Le Roy B. and Motta C. 1999. Intérêt nutritionnel des huiles d'olive. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 6 (1) : 86-89.

Dhifi W., Angerosa F., Serraiocco A., Oumar I., Hamrouni I. and Marzouk B. 2005. Virgin olive oil aroma: Characterization of some Tunisian cultivars. *Food Chemistry*, 93: 697-701.

Dhifi W., Ben Khedher M., Elyes Kechouk M. and Marzouk B. 2006. Etude qualitative et quantitative des arômes et des polyphénols de quelques huiles d'olive de Tunisie. *Olivae*, 105 : 36-40.

Di Giovacchino L. 1991. L'extraction de l'huile des olives par les systèmes de la pression, de la centrifugation et de la percolation : incidence des techniques d'extraction sur les rendements en huile. *Olivae*, 21 (10) : 15-37.

Di Giovacchino L. 1999. La technologie d'élaboration de l'huile d'olive vierge : Opérations préliminaires en huilerie et préparation de la pâte d'olives. Séminaire international sur les innovations scientifiques et leurs applications en oléiculture et oleotechnique. Florence, 10, 11 et 12 mars 1999. Conseil Oléicole International, 1-39.

Dugo G., Lo Turco V., Pollicino D., Mavrogeni E. and Pipitone F. 2004. Caractérisation d'huiles d'olive vierges siciliennes. Variation qualitative des huiles des fruits des cultivars « *Biancolilla* , *Nocellara del Belice* , *Cerasuola* , *Tonda Iblea* et *Crastu* » en fonction des techniques et de l'époque de récolte des olives. *Olivae*, 101 : 44-52.

E

E.C. 2002. Regulation n° 796 of 6 May 2006 on changes EC- Regulation. 2568/91. Official J.L.128/815/05/02. 2002. Bruxelles (Belgium).

El Antari A., Hilal A., Boulouha., and El Moudni A. 2000. Etude de l'influence de la variété, de l'environnement et des techniques culturales sur les caractéristiques des fruits et la composition chimiques de l'huile d'olive vierge extra au Maroc. *Olivae*, 80 : 29-36.

El Antari A., El Moudni A. and Ajana H. 2003a. Evolution comparative de la qualité et de la composition acide de l'huile d'olive chez quelques variétés méditerranéennes cultivées au Maroc. *Olivae*, 95 : 26-31.

El Antari A., El Moudni H., Ajana H. and Cert A. 2003b. 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.

F

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

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

Fedeli E. 1997. Technologie de production et de conservation de l'huile. In : *Encyclopédie mondiale de l'olivier*. Ed. Plaza et Janes, pp. 253-273.

Fedeli E. 1999. Qualité (stockage, conservation et conditionnement de l'huile), réglementation et contrôle. Séminaire international sur les innovations scientifiques et leurs applications en oléiculture et oleotechnique. Florence, 10, 11 et 12 mars 1999. Conseil Oleicole International, 1-20.

Flourie F., Arab K., Rossary A. and Steghens J.P. 2006. Effets de différents antioxydants sur la lipoperoxydation in vitro initiée par le radical °OH. A model of OH-mediated in vitro lipid peroxidation: application to the evaluation of four antioxidants. *Immuno-analyse et biologie spécialisée*, 21: 229-233.

G

Gallardo-Guerrero L., Roca M. and Minguéz-Mosquera I. 2002. Distribution of chlorophylls and carotenoids in ripening olives and between oil and alperujo when processed using a two-phase extraction system. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 79 (1): 105-109.

Gandul-Rojas B. and Minguez-Mosquera I. 1996a. Chlorophyllase activity in olive fruits and its relationship with the loss of chlorophyll pigments in the fruits and oils. *Journal of Science and Food Agriculture*, 72: 291-294.

Gandul-Rojas B. and Minguez-Mosquera I. 1996b. Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various spanish olive varieties. *Journal of Science and Food Agriculture*, 72: 31-39.

Garcia J.M., Sellar S. and Perez-Camino C. 1996. Influence of fruit ripening on olive oil quality. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 44: 3516-3520.

Gimeno E., Castellote A.I., Lamuela-Raventos R.M., De la Torre M.C. and Lopez-Sabater M.C. 2002. The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, a-tocopherol, and b-carotene) in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 78: 207–211

Giuffrida D., Salvo F., Salvo A., Pera L.L. and Dugo G. 2006. Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various Sicilian olive varieties. *Food Chemistry*, doi: 10.1016/j.foodchem.2006.12.030.

Gomez-Alonso S., Mancebo-Campos V., Desamparados Salvador M. and Fregapane G. 2007. Evolution of major and minor components and oxidation indices of virgin olive oil during 21 months storage at room temperature. *Food Chemistry*, 100: 36–42.

Gomez-Caravaca A.M., Cerretani L., Bendini A., Seguera-Carretero A., Fernandez-Gutierry A., Del Carlo M., Compagnone D. and Cechelli A. 2008. Effect of fly attack (*Bactrocera oleae*) on the phenolic profile and selected chemical parameters of olive oil. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56: 4577-4583.

Gómez-Rico A., Fregapane G. and Salvador M.D. 2008. Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils. *Food Research International*, 41: 433–440

Gorinstein S., Martin-Belloso O., Katrich E., Lojek A., Ciz M., Gligelmo-Miguel N., Haruenkit R., Park Y. S., Jung S.T. and Trakhtenberg S. 2003. Comparison of the contents of the main biochemical compounds and the antioxidant activity of some Spanish olive oils as determined by four different radical scavenging tests. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14: 154–159.

Grigoriadou D., Androulaki A., Psomiadou E. and Tsimidou M.Z. 2007. Solid phase extraction in the analysis of squalene and tocopherols in olive oil. *Food Chemistry*, 105: 675–680.

Gülçin I., Elias R., Gepdiremen A., Boyer L. and Köksal E. 2007. A comparative study on the antioxidant activity of fringe tree (*Chionanthus virginicus* L.) extracts. *African Journal of Biotechnology*, 6 (4): 410-418.

H

Hennebelle T., Sahpaz S. and Bailleul F. 2004. Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*. 1: 2-5.

Huang C.L. and Sumpio B.E. 2008. Olive Oil, the Mediterranean Diet, and Cardiovascular Health. American College of Surgeons, 207(3): 407-416.

I

Inglese P. 1994. L'influence de la variété sur les caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive. *Olivae*, 54 : 42-44.

J

Jacotot B., Lasserre M., Osteva O., Baudet M.F. and Dachet C. 1985. corps gras alimentaires et prévention des maladies vasculaires. Etude chez le sujet sain. *Revue Française des Corps Gras*, 85 (2) : 11-16.

Jahouach-Rabai W., Trabelsi M., Van Hoed V., Adams A., Verhé R., De Kimpe N. and Frikha M.H. 20087. Influence of bleaching by ultrasound on fatty acids and minor compounds of olive oil. Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds (by SPME coupled to GC/MS). *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (4): 590-597.

Javanmardi J., Stuchno C., Lock E. and Vivanco J.M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum accessions*. *Food Chemistry*, 83: 547-550.

K

Kafatos A.G. 1995. La consommation d'huile en Crète : Une des principales caractéristiques du régime alimentaire méditerranéen- crétois. *Olivae*, 56 : 22-24.

Kalogeropoulos N., Chiou A., Mylona A., Ioannou M. S. and Andrikopoulos N.K. 2007. Recovery and distribution of natural antioxidants (a-tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after pan-frying of Mediterranean finfish in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 100: 509–517.

Keceli T. and Gordon M.H. 2001. The antioxidant activity and stability of the phenolic fraction of green olives and extra virgin olive oil. *Journal of Science and Food Agriculture*, 81: 1391-1396.

Kiritsakis A. and Markakis P. 1987. olive oil. *Food Research*, 31: 7-18.

Kiritsakis A. and Osman M. 1995. Effets du carotène et de l'α- tocophérol sur la stabilité photo- oxydative de l'huile d'olive. *Olivae*, 56 : 25-28.

Kiritsakis A.K. 1998. Flavor Components of Olive Oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 75 (6): 673–681.

Koehler-Ramonatxo C. 2006. Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 20: 165–177.

Koutsaftakis A. and Stefanoudaki E. 1995. L'extraction de l'huile d'olive par un décanteur à deux phases : résultats obtenus. *Olivae*, 56 : 44-47.

Koutsaftakis A., Kotsifaki F. and Stefanoudaki E. 2000a. La caractérisation des huiles d'olive vierges extra crétoises obtenues à partir de la variété Koroneiki. Influence du site d'origine sur plusieurs paramètres chimiques. *Olivae*, 81 : 20-25.

Koutsaftakis A., Kotsifaki F., Christopoulou E. and Cert A. 2000b. Etude triennale sur les variations de plusieurs caractéristiques chimiques et de divers composants mineurs des huiles d'olive vierges obtenues à partir d'olives cueillies à différents degrés de maturité. *Olivae*, 80 : 22-27.

L

Laurent A. and Barnouin A. 2000. *L'olive*. Ed. Minevra, 140p.

Le Grusse J. 2003. Structure chimique et propriétés physicochimiques. In : *Les vitamines dans les industries agroalimentaires*. Lavoisier, Ed. Technique et Documents, pp. 3-11.

Leger C.L. 1999. Co-produits de l'huilerie d'olive : les composés phénoliques et leurs propriétés biologiques. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 6 (1) : 60-63.

Leger C.L. 2003. L'huile d'olive : sa place dans l'alimentation humaine. In : *Lipides et corps gras alimentaires*. Lavoisier, Ed. Technique et Documents, pp.81-101.

Lerma-Garcia M.J., Herrero-Martinez J.M., Ramis-Ramos G. and Simo-Alfonso. 2008. evaluation of the quality of olive oil using fatty acid profiles by direct infusion electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*, 107: 1307-1313.

Lesage-Messen L., Navarro D., Maunier S., Sigoillot J-C., Lorquin J., Delattre M., Simon J-L., Asther M. and Labat M. 2001. Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems. *Food Chemistry*, 75: 501-507.

Lo Curto S., Dugo G., Mondello L. Errante G. and Russo M.T. 2001. Variation in tocopherol content in Italian virgin olive oils. *Italian Journal of Food Science*, 13 (2): 221-228.

Lugasi A., Hóvári J., Sági K.V. and Bíró L. 2003. The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis*, 47 (1-4):119-125.

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

M

Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. and Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79 (5): 727-747.

- Mariani C. and Fedeli E.** 1993. La chromatographie en phase gazeuse pour l'analyse de l'huile d'olive. *Olivae*, 45: 34-39.
- Matos L.C., Pereira J.A., Andrade P.B., Seabra R. M. and Oliveira M.B.P.** 2007a. Evaluation of a numerical method to predict the polyphenols content in monovarietal olive oils. *Food Chemistry*, 102: 976–983.
- Matos L.C., Cunha S.C., Amaral J.S., Pereira J.A., Andrade P.B., Seabra R.M. and Oliveira B.P.** 2007b. 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.
- Medina E., De Castro A., Romero C. and Brenes M.** 2006. Comparison of the Concentrations of Phenolic Compounds in Olive Oils and Other Plant Oils: Correlation with Antimicrobial Activity. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54: 4954-4961.
- Méndez A.I. and Falqué E.** Effect of storage and container type on the quality of extra virgin olive oil. *Food Control*, 18: 521-529.
- Metzidakis I., Gerasopoulos D. and Kiritsakis K.** 1995. Effet de la durée du séjour des olives dans les filets sur les caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive. *Olivae*, 56 : 40-43.
- Miliauskas G., Venskutonis P.R. and Van Beek T.A.** 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85: 231–237.
- Minguez-Mosquera I. and Guallardo-Guerrero L.** 1995. Disappearance of chlorophylls and carotenoids during the ripening of the olive. *Journal of Science and Food Agriculture*, (69): 1-6.
- Minguez-Mosquera M.I, Gandul-Rojas B., Garrido-Fernandez J., and Gallardo-Guerrero L.** 1990. Pigments present in virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 67 (3):192-196.
- Moffarts B., Kirschvink N., Pincemail J. and Lekeux P.** 2005. Impact physiologique et pathologique du stress oxydant chez le cheval. *Annal de Médecine Vétérinaire*, 149:1-9.
- Mokbel M. S. and Hashinaga F.** 2006. Evaluation of the antioxidant activity of extracts from buntan (*Citrus grandis* Osbeck) fruit tissues. *Food Chemistry*, 94: 529–534.
- Molyneux P.** 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science Technology*. 26 (2): 211-219.
- Montedoro G., Servili M., Baldioli M., Selvaggini R., Miniati E. and Macchioni A.** 1993. Simple and Hydrolyzable Compounds in Virgin Olive Oil. 3. Spectroscopic Characterizations of the Secoiridoid Derivatives. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 41: 2228-2234.
- Monteleone E., Caporale G., Carlucci A. and Pagliarini E.** 1998. Optimisation of Extra Virgin Olive Oil Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77: 31-37.
- Monti S.M., Ritieni A., Sacchi R., Skog K., Borgen E. and Fogliano V.** 2001. Characterization of Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil and Their Effect on the

Formation of Carcinogenic/Mutagenic Heterocyclic Amines in a Model System. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 49: 3969-3975.

Morales M.T., Luna G. and Aparicio R. 2005. Comparative study of virgin olive oil sensory defects. *Food Chemistry*, 91: 293–301.

Mordret F.1999. Évolution des critères de qualité des huiles d'olive verges. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 6 (1): 69-75.

Morello J.R., Motilva M.J., Tovar M.J. and Romero M.P. 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. and 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.

N

Naudet M. 1992. Acides gras. In : Manuel des corps gras. Lavoisier, ed. Technique et Documents, pp.65-78.

Ninfali P., Aluigy G., Bacchiocca M. and Magniani M. 2001. Antioxydant capacity of extra-virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 78 (3): 243-247.

Nissiotis M. and Tasioula-Margari M. 2002. Changes in antioxidant concentration of virgin olive oil during thermal oxidation. *Food Chemistry*, 77: 371–376.

O

Ocakoglu D., Tokatli F., Ozen B. and Korel F. 2009. Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavonoids in Turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. *Food Chemistry*, 113: 401–410

Oliveras-Lopez M.J., Innocenti M., Giaccherini C., Ieri F., Romani A. and Mulinac N. 2007. Study of the phenolic composition of spanish and italian monocultivar extra virgin olive oils: Distribution of lignans, secoiridoidic, simple phenols and flavonoids. *Talanta*, 73: 726–732.

Ollivier D., Boubault E., Pinatel C., Souillol S., Guère M. and Artaud J. 2004. Analyse de la fraction phénolique des huiles d'olive vierges. *Annales des falsifications, de l'expertise chimique et toxicologique*, 2ème Semestre, 965:169-196.

Oueslati I., Anniva C., Daoud D., Tsimidou M.Z. and 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.

Owen R.W., Mier W., Giacosa A., Hull W. E., Spiegelhalder B. and Bartsch H. 2000. Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of

total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food and Chemical Toxicology*, 38: 647-659.

Owen R.W., Haubner R., Mier W., Giacosa A., Hull W.E., Spiegelhalder B. and Bartsch H. 2003. Isolation, structure elucidation and antioxidant potential of the major phenolic and flavonoid compounds in brined olive drupes. *Food and Chemical Toxicology*, 41:703–717.

P

Panaro V., Clodoveo M.L., Leone A. and Montel G.L. productivité de différentes methods de récolte et influence sur la qualité de l'huile d'olive verge extra. *Olivae*, 98 : 29-35.

Papadimitriou V., Sotiroudis T.G, Xenakis A., Sofikiti N., Stavviannoudaki V. and Chaniotakis N.A. 2006. Oxidative stability and radical scavenging activity of extra virgin olive oils: An electron paramagnetic resonance spectroscopy study. *Analytica Chimica Acta*, 573–574: 453–458.

Papadopoulos K., Triantis T., Tzikis C.H., Nikokavoura A. and Dimotikali D. 2002. Investigations of the adulteration of extra virgin olive oils with seed oils using their weak chemiluminescence. *Analytica Chimica Acta*, 464:135–140.

Pardo J.E., Cuesta M.A. and Alvarruiz A. 2007. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from the designation of origin “Aceite Campo de Montiel”(Ciudad Real, Spain). *Food Chemistry*, 100: 977–984.

Passaloglou-Emmanouilidou S. 1990. A comparative study of UV spectrophotometric methods for detection of olive oil adulteration by refined oils. *Lebensm Unters Forsch*, 191:132-134.

Paz Aguilera M., Beltran G., Ortega D., Fernandez A., Jimenez A. and Uceda M. 2005. Characterisation of virgin olive oil of Italian olive cultivars: ‘Frantoio’ and ‘Leccino’, grown in Andalusia. *Food Chemistry*, 89: 387–391.

Paz Romero M., Tovar M.J., Ramo T. and Motilva J. 2003. Effect of crop season on the composition of virgin olive oil with protected designation of origin “Les Garrigues”. *Journal of American Oil Chemist’s Society*, 8 (5): 423-430.

Perrin J.L. 1992. Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile. *Etude et recherche*, 4 : 25-31.

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

Piga A., Del Caro A., Pinna I. and Agabbio M. 2005. Anthocyanin and colour evolution in naturally blacktable olives during anaerobic processing. *Food Science and Technology*, 38: 425–429.

Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K. and Defraigne J.O. 2002. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. Physiological action of antioxidant defences. *Nutrition et Stress Oxydant. Nutrition Clinique et Métabolisme*, 16: 233–239.

Pinelli P., Galardi C., Mulinacci N., Vincieri F.F., Cimato A. and Romani A. 2003. Minor polar compound and fatty acid analyses in monocultivar virgin olive oils from Tuscany. *Food Chemistry*, 80: 331–336.

Poisson J.P. and Norce M. 2003. Corps gras alimentaires: Aspects chimiques, biochimiques et nutritionnels. In. *Lipides et corps gras alimentaires*. Ed. Technique et Documents, 1-50.

Pokorny J., Kalinova L. and Dysseler P. 1995. Determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils. *Pure and Applied Chemistry*, 67 (10): 1781-1787.

Pulido R., Bravo L. and Saura-Calixto F. 2000. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48: 3396-3402.

Q

Quiles J.L., Ramirez-Tortosa M C., Gomez J. A., Huertas J. R. and Mataix J. 2002. Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. *Food Chemistry*, 76: 461–468.

R

Rahmani M. and Saari Csallany A. 2000. Etude de stabilité des huiles d'olive vierge marocaines. *Olivae*, 82 : 37-40.

Ramadan M. F. and Moersel J.T. 2006. Screening of the antiradical action of vegetable oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 838–842.

Ranalli A. Tombesi A. Ferrante M.L. and De Mattia G. 1997. A new olive ripening index and quality of product. *Rivista Italiana delle Sostanze Grass*, 75: 553-557.

Ranalli A., Malfatti A., Lucera L., Contento S. and Sotiriou E. 2005. Effects of processing techniques on the natural colourings and the other functional constituents in virgin olive oil. *Food Research International*, 38: 873–878.

Ranalli A., Benzi M., Gomes T., Delcuratolo D., Marchegiani D. and Lucera L. 2007. Concentration of natural pigments and other bioactive components in pulp oils from de-stoned olives. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 437–442.

Ribereau-Gayon P. 1968. *Les composés phénoliques des végétaux* Ed. Dunod, 173-201.

Roca M. and Mínguez-Mosquera M.I. 2001. Changes in Chloroplast Pigments of Olive Varieties during Fruit Ripening. *J.Agric. Food Chemistry*, 49: 832-939.

Roca M. and Mínguez-Mosquera M.I. 2003. Carotenoid levels during the period of growth and ripening in fruits of different olive varieties (*Hojiblanca*, *Picual* and *Arbequina*). *Journal of Plant Physiology*, 160: 451–459.

Rolland Y. 2004. Antioxydants naturels végétaux. Oléagineux Corps gras Lipides, 11 (6) : 419-424.

Rovellini P. and Cortesi N. 2003. Détermination des composants phénoliques de différents cultivars au cours de la maturation des olives par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse. *Olivae*, 95 : 32-38.

Runcio A., Sorgona L., Mincione A., Santacaterina S. and Poiana M. 2008. Volatile compounds of virgin olive oil obtained from Italian cultivars grown in Calabria. Effect of processing methods, cultivar, stone removal, and antracnose attack. *Food Chemistry*, 106: 735–740.

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

Ryan D., Antolovich M., Prenzler P., Robards K. and Lavee S. 2002. Biotransformations of phenolic compounds in *Olea europaea* L. *Scientia Horticulturae*, 92: 147-176.

S

Sahin F., Gulluce M., Daferera D., Sokmen A., Sokmen M., Polissiou M., Agar G. and Ozer H. 2004. Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control*, 15: 549–557.

Saif Mokbel M. and Hashinaga F. 2006. Evaluation of the antioxidant activity of extracts from buntan (*Citrus grandis* Osbeck) fruit tissues. *Food Chemistry*, 94: 529–534.

Salas J.J., Sanchez J., Ramli U.S., Manaf A.M., Williams M. and Harwood J.L. 2000. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. *Progress in Lipid Research* 39: 151-180.

Salvador M.D., Aranda F. and Fregapane G. 2001. Influence of fruit ripening on 'Cornicabra' virgin olive oil quality: A study of four successive crop seasons. *Food Chemistry*, 73: 45-53.

Salvador M.D., Aranda F., Gomez-Alonso S. and Fregapane G. 2003. Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. *Food Chemistry*, 80: 359–366.

Samaniego-Sanchez C., Troncoso Gonzalez A.M., Garcia-Parrilla M.C., Quesada Granados J.J., López Garcia de la Serrana H. and Lopez Martinez M.C. 2007. Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol content. *Analytica Chimica Acta*, 593:103–107.

Sanchez Casas J.J., De Miguel Gordillo C. and Marin Exposito J. 1999. La qualité de l'huile d'olive provenant de variétés cultivées en Estrémadure en fonction de la composition et de la maturation de l'olive. *Olivae*, 75 : 31-36.

Schoefs B., 2002. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products: properties of the pigments and methods of analysis. *Food Science and Technology*, 13: 361-371.

Schwartz H., Ollilainen V., Piironen V. and Lampi A M. 2008. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21:152–161.

Sebei K., Boukhchina S. and Kallel H. 2007. Évolution des tocophérols en relation avec les acides gras insaturés au cours de la maturation des graines de colza de printemps (*Brassica napus* L.) *C. R. Biologies*, 330: 55–61.

Servili M., Selvaggini R., Esposito S., Taticchi A., Montedoro G.F. and 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*, 1054: 113-127.

Singh R., Singh S., Kumar S. and Arora S. 2006. Studies on antioxidant potential of methanol extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. *Food Chemistry*, doi: 10.1016/j.foodchem.2006.08.019.

Sivakumar G., Briccoli Bati C., Perri E. and Uccella N. 2006. Gas chromatography screening of bioactive phytosterols from mono-cultivar olive oils. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods. Food Chemistry*, 95: 525–528.

Sotiroidis T.G. and Kyrtopoulos S.A. 2008. Anticarcinogenic compounds of olive oil and related biomarkers. *European Journal of Nutritional*, 47: 69–72.

Soulier J. and Fariune M. 1992. L'insaponifiable. In : *Manuel des corps gras*. Lavoisier, Ed. Technique et Documents, pp.95-112.

Stefanouadaki E. and Koutsaftakis A. 1995. Les caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive crétoise. *Olivae*. 56: 51-53.

T

Tamendjari A., Bellal M.M. and Angerosa F. 2004. Influence of *Bactrocera oleae* infestation on olive oil quality during ripening of *Chemlal* olives. *Italian Journal Food Science*, 16 (3): 345-356.

Tamendjari A., Bellal M.M. Laribi R. and Angerosa F. 2004. Impact de l'attaque de *Bactrocera oleae* et du stockage des olives de la variété *Chemlal* sur la qualité de l'huile. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grass*, 81: 23-27.

Torre R. 2008. Bioavailability of olive oil phenolic compounds in humans. *Inflammopharmacology*, 16: 245–247.

Torres M.M. and Maestri D.M. 2006. The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Cordoba, Argentina). *Food Chemistry*, 96: 507–511.

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

Tsimidou M. 1998. Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect. *Journal of Food Science*, 10 (2): 99-112.

Tsimidou M. Z., Georgiou A., Koidis A. and Boskou D. 2005. Loss of stability of “veiled” (cloudy) virgin olive oils in storage. *Food Chemistry*, 93: 377–383

Tuberoso C.I.G., Kowalczyk A., Sarritzu E. and Cabras P. 2007. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chemistry*, 103: 1494–1501.

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

Tura D., Gigliotti C., Pedo S., Failla O., Bassi D. and Serraiocco A. 2007. Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europaea* L.) and correlations with oxidative stability. *Scientia Horticulturae*, 112 : 108–119.

U

Uzzan A. 1992. Olive et huile d’olive. In : *Manuel des corps gras*. Lavoisier, Ed. Technique et Documents, pp. 221-229.

Uzzan A. 1994. Huile d’olive. In : *manuel des corps gras*. Lavoisier, Ed. Technique et Documents, pp. 763-766.

V

Vazquez Roncero A. 1978. Les polyphénols de l’huile d’olive et leur influence sur les caractéristiques de l’huile. *Revue Française des Corps Gras*, 78 (4) : 21-26.

Visioli F. and Galli C. 1994. Oleuropein protects low density lipoprotein from oxidation. *Life Sciences*, 55 (24): 1965-1971.

Visioli F. and Galli C. 1998. Olive Oil Phenols and their Potential Effects on Human Health. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46: 4292-4296.

Visioli F., Poli A. and Galli C. 2002. antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. *Medicinal Research Reviews*, 22 (1): 65-75.

Y

Yadegarinia D., Gachkar L., Bagher Rezaei M., Taghizadeh M., Alipoor Astaneh S. and Rasooli I. 2006. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita L.* and *Myrtus communis L.* essential oils. *Phytochemistry*, 67: 1249–1255.

Yousfi K. Cert R.M. and Garcia J.M. 2006. Changes in quality and phenolic compounds of virgin olive oils during objectively described fruit maturation. *European Food Research Technology*, 223: 117–124.

Z

Zamora R., Alaiz M. and Hidalgo F.J. 2001. Influence of cultivar and fruit ripening on olive (*Olea europaea*) fruit protein content, composition, and antioxidant activity. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 49: 4267-4270.

Zanoni B., Bertuccioli M., Rovellini P. and Marotta F. 2005. A preliminary approach to predictive modelling of extra virgin olive oil stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1492-1498.

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

Zarrouk W., Haddada F.M., Baccouri B., Oueslati I., Taamalli W., Fernandez Z., Lizzani-Cuvelier L., Daoud D. and Zarrouk M. 2008. Characterization of virgin olive oil from Southern Tunisia. *European Journal of Lipids Science and Technology*, 110: 81–88.

Zunin P., Boggia R., Lanteri S., Leardi R., De Androis R. and Evangelisti F. 2004. Direct thermal extraction and gas chromatographic- mass spectrometric determination of volatile compounds of extra-virgin olive oils. *Journal of chromatography*, 1023: 271-276.

Glossaire

- ❖ **Alzheimer** : Maladie neurodégénérative du tissu cérébral qui entraîne la perte progressive et irréversible des fonctions mentales.
- ❖ **Athérosclérose** : Perte d'élasticité des artères dus à la sclérose provoquée par l'accumulation des corps gras, essentiellement le cholestérol LDL, au niveau d'une des trois tuniques constituant la paroi des gros et moyens artères (l'intima), ce dépôt se traduit par la formation d'une plaque jaunâtre, qui se nome « l'athérome ».
- ❖ **Antithrombotiques** : Substances très utilisés dans la prévention primaire et secondaire des maladies thrombotiques cérébrovasculaires ou cardiovasculaires.
- ❖ **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 aux tissus.
- ❖ **Cataracte** : Affection des yeux due au développement d'opacité sur le cristallin.
- ❖ **Cholérétique** : Substance facilitant la sécrétion de bile (lipide participant à la digestion des graisses).
- ❖ **Drupe** : Fruit charnu, à noyau.
- ❖ **Antiathérogène** : Substance qui inhibe le processus d'altération dégénérative de la paroi interne du vaisseau, donc ralentie le risque d'athérosclérose.
- ❖ **Hypoglycémiant** : Terme désignant tout ce qui peut diminuer le taux de sucre dans le sang.
- ❖ **Inflammation** : Ensemble de phénomènes réactionnels se produisant suite à la réponse des tissus conjonctifs, vascularisés, à une agression (traumatisme, infection, etc.), pouvant se manifester par divers signes (douleurs, tuméfaction, chaleur, rougeur, etc.).
- ❖ **Macrophages** : Cellules du système immunitaire, qui détruisent et phagocytent les cellules malades et les germes.
- ❖ **Neuro-dégénératives** : Sous groupe de maladies dégénératives (dans lesquelles un ou plusieurs organes sont progressivement dégradés), qui affecte le fonctionnement du cerveau ou plus généralement le système nerveux.

- ❖ **Parkinson** : Maladie neurologique chronique affectant le système nerveux central responsable de troubles essentiellement moteurs d'évolution progressive.
- ❖ **Radical libre**: Espèce chimique possédant un électron non apparié.
- ❖ **Stress oxydant** : Situation où la cellule ne contrôle plus la présence excessive de radicaux oxygénés toxiques.
- ❖ **Scavenger** : Terme anglais signifiant piègeur.
- ❖ **Thrombose** : Terme désignant la formation d'un caillot de sang au sein d'une veine, entravant la circulation sanguine.
- ❖ **Vaso-relaxantes** : Substances qui permettent la relaxation des cellules musculaires lisses artérielles.

Annexes

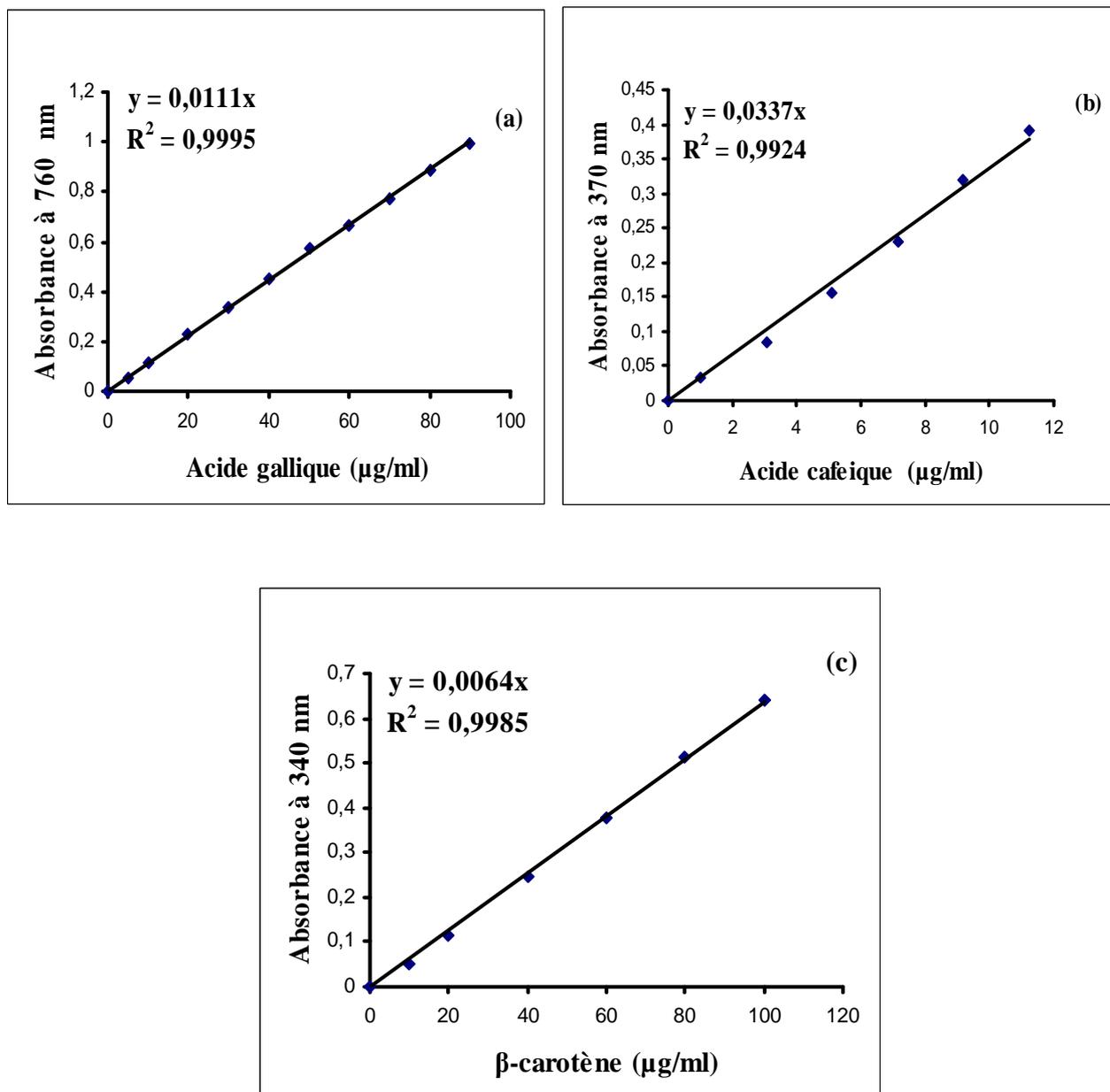


Figure 1 : Courbes d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques (a), des *Ortho*-diphénols (b) et des caroténoïdes (c) .

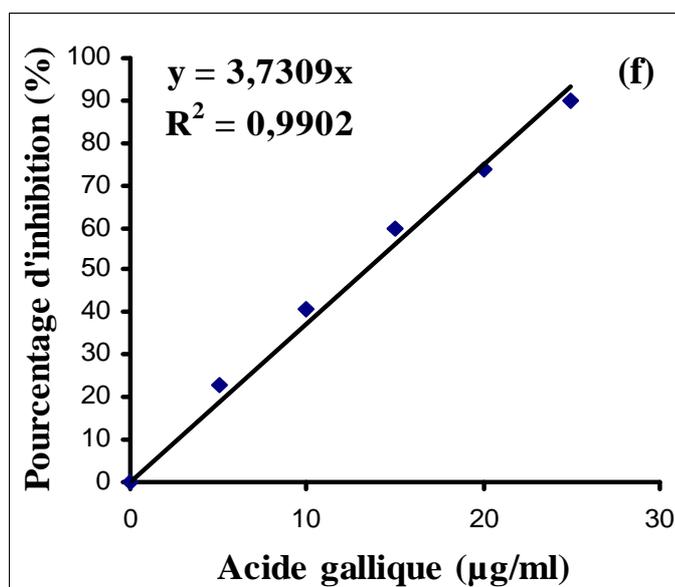
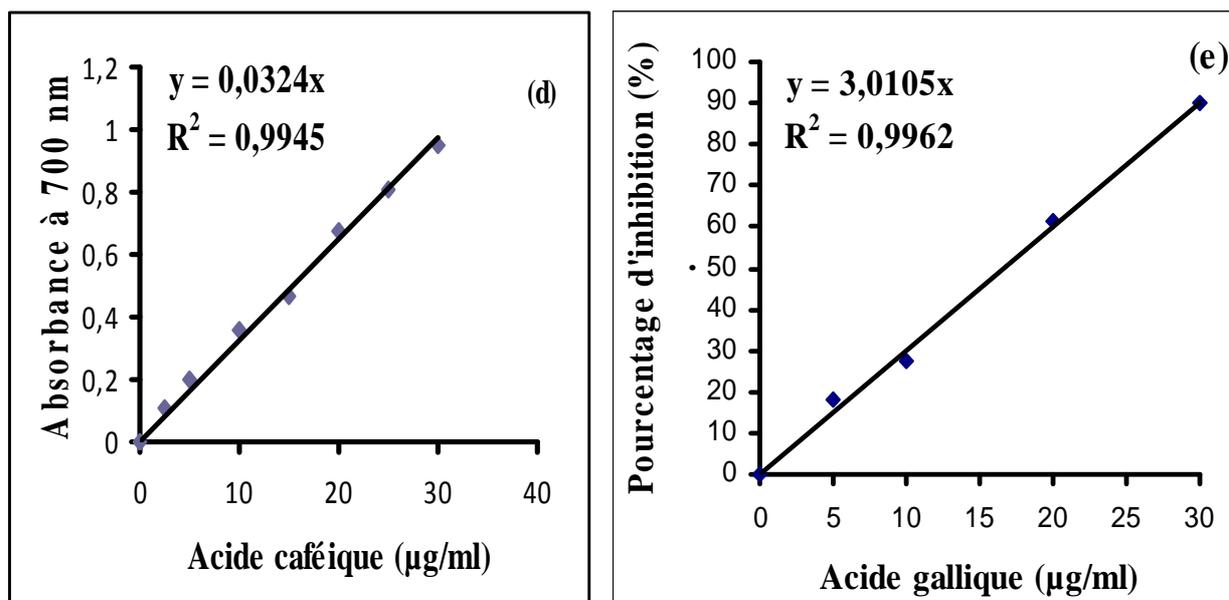


Figure 2 : Courbes d'équivalences pour le pouvoir réducteur (d), le pouvoir antiradicalaire de l'extrait méthanolique (e) et le pouvoir antiradicalaire de l'huile (f).

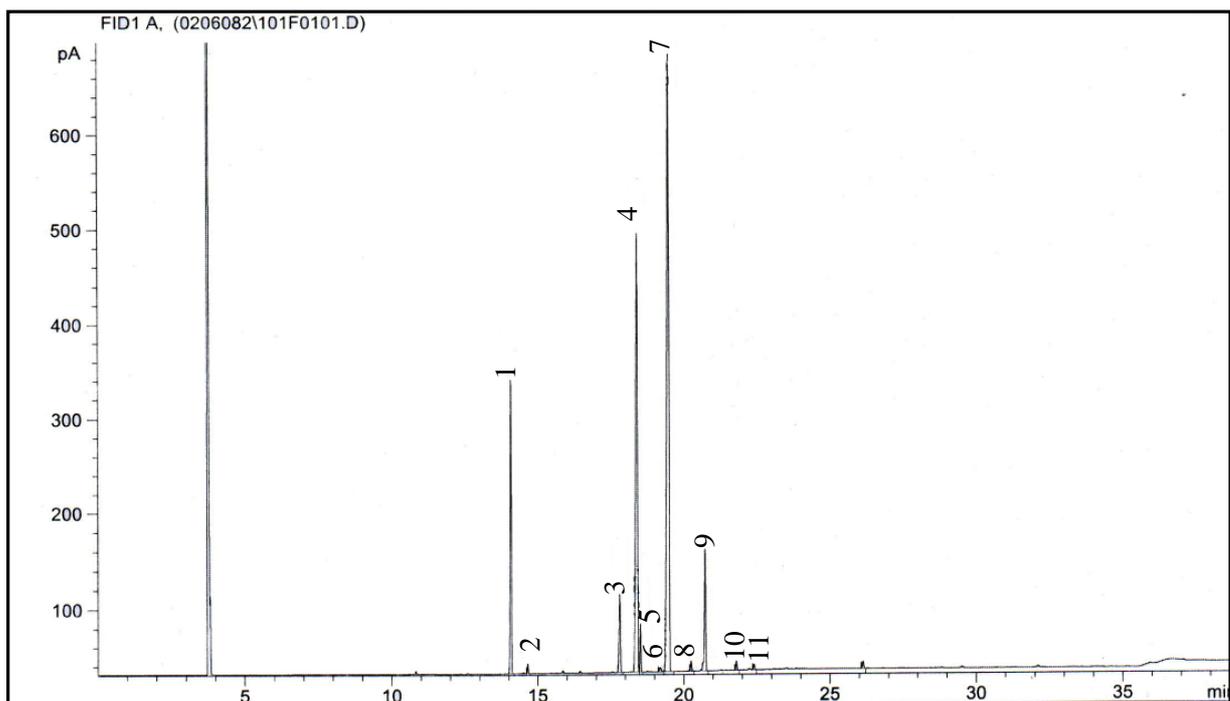


Figure 3 : Chromatogramme type des esters méthyliques des acides gras d'une huile d'olive adultérée

1 : acide palmitique ($C_{16}:0$), **2 :** acide palmitoléique ($C_{16}:1$), **3 :** acide stéarique ($C_{18}:0$), **4 :** acide oléique ($C_{18}:1$ [n-9]), **5 :** acide oléique ($C_{18}:1$ [n-7]), **6 :** acide trans linoléique ($C_{18}:2$), **7 :** acide linoléique ($C_{18}:2$), **8 :** acide trans linoléinique ($C_{18}:3$), **9 :** acide linoléinique ($C_{18}:3$), **10 :** acide arachidique ($C_{20}:0$), **11 :** acide gadoléique ($C_{20}:1$)

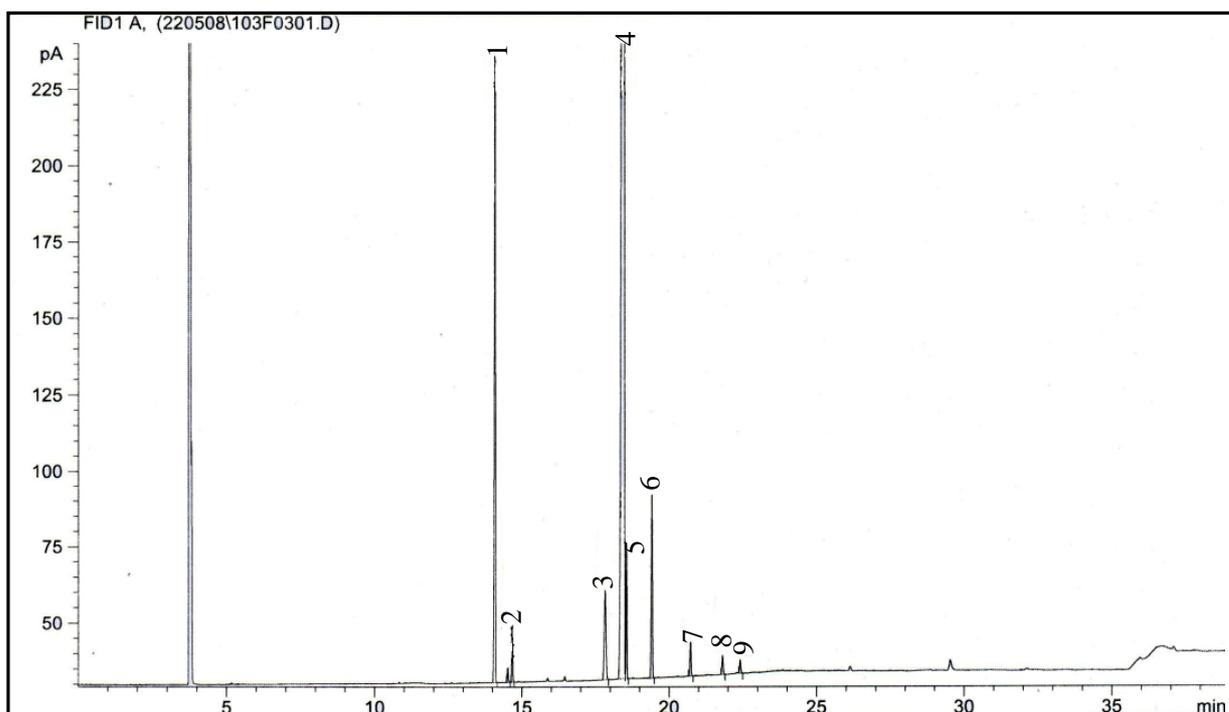


Figure 4 : Chromatogramme type des esters méthyliques des acides gras d'une huile d'olive extra vierge (extraite à partir d'une variété).

1 : acide palmitique ($C_{16}:0$), **2 :** acide palmitoléique ($C_{16}:1$), **3 :** acide stéarique ($C_{18}:0$), **4 :** acide oléique ($C_{18}:1$ [n-9]), **5 :** acide oléique ($C_{18}:1$ [n-7]), **6 :** acide linoléique ($C_{18}:2$), **7 :** acide linoléinique ($C_{18}:3$), **8 :** acide arachidique ($C_{20}:0$), **9 :** acide gadoléique ($C_{20}:1$).

Tableau I : Teneur en acides gras de l'huile d'olive vierge (COI, 2003).

Acides gras	Teneur en acides gras (%)
Acides 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
C20:1	0,0 - 0,4
C22:0	0,0 - 0,2
C24:0	0,0 - 0,2
Acides gras <i>trans</i>	
C18:1 <i>trans</i>	0,0 - 0,05
C18:2 <i>trans</i> + C18:3 <i>trans</i>	0,0 - 0,05

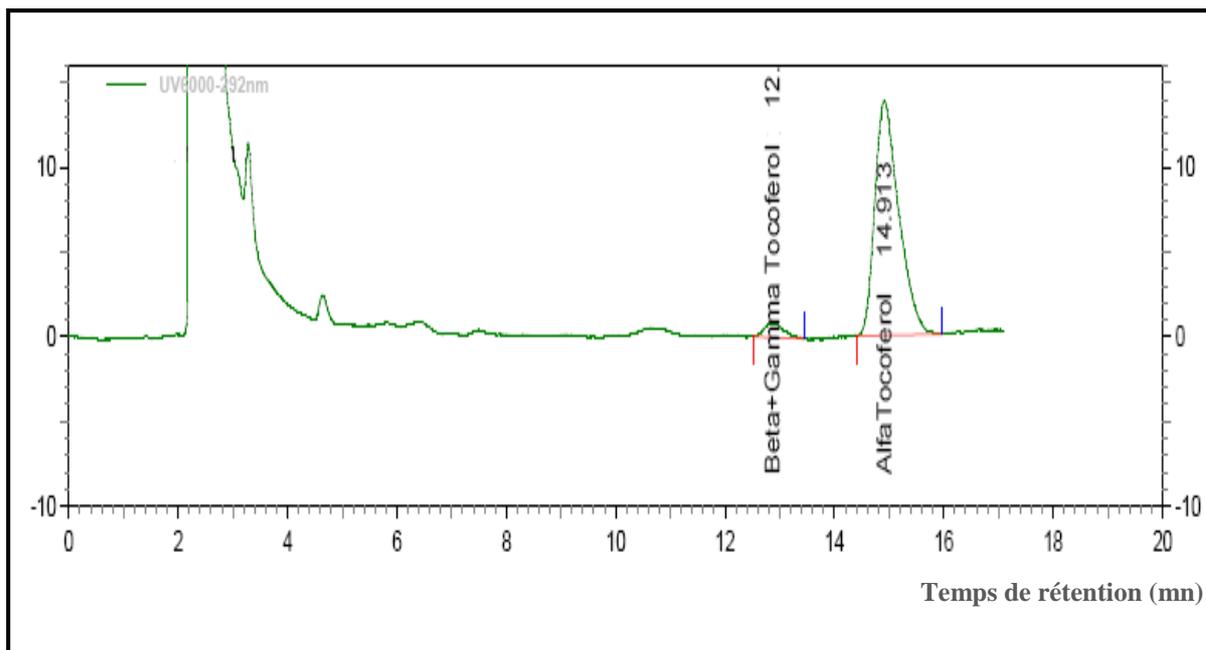


Figure 5 : Chromatogramme type des tocophérols d'un échantillon d'huile d'olive.

Tableau II : Matrice de corrélations.

	Teneurs en polyphénols	Teneurs en <i>o</i> -diphénols	Indice d'amertume	Pouvoir réducteur	Activité antiradicalaire de l'extrait	%d'inhibition de l'H ₂ O ₂	%d'inhibition du β -carotène	Indice de peroxyde	IC ₅₀	Teneurs en caroténoïdes	Teneurs en α -tocophérol	Teneurs en antioxydants	Activité antiradicalaire de l'huile	Acidité
Teneurs en polyphénols	1,00													
Teneurs en <i>o</i> -diphénols	0,59	1,00												
Indice d'amertume	0,92	0,77	1,00											
Pouvoir réducteur	0,83	0,70	0,78	1,00										
Activité antiradicalaire de l'extrait	0,75	0,80	0,79	0,67	1,00									
%d'inhibition de l'H ₂ O ₂	0,61	0,63	0,68	0,62	0,92	1,00								
%d'inhibition du β -carotène	0,80	0,59	0,73	0,74	0,68	0,67	1,00							
Indice de peroxyde	-0,18	-0,28	-0,21	-0,29	-0,07	0,05	-0,40	1,00						
IC ₅₀	-0,59	-0,56	-0,67	-0,49	-0,54	-0,47	-0,73	0,40	1,00					
Teneurs en caroténoïdes	0,42	0,03	0,42	0,02	-0,04	-0,12	0,27	0,10	-0,23	1,00				
Teneurs en α -tocophérol	0,10	0,29	0,27	0,10	0,11	0,08	0,13	-0,19	-0,52	-0,09	1,00			
Teneurs en antioxydants	0,90	0,60	0,88	0,77	0,65	0,52	0,76	-0,29	-0,73	0,36	0,25	1,00		
Activité antiradicalaire de l'huile	0,73	0,84	0,84	0,79	0,80	0,66	0,65	-0,31	-0,71	0,12	0,53	0,88	1,00	
Acidité	-0,41	-0,24	-0,31	-0,37	-0,16	-0,12	-0,40	0,52	0,24	0,06	0,16	-0,57	-0,35	1,00

Les valeurs en rouge indiquent une corrélation significative ($p < 0,05$).

Résumé

La présente étude porte sur les paramètres de qualité, la composition quantitative en acides gras et en substances antioxydantes ainsi que l'évaluation du pouvoir antioxydant par différentes méthodes des huiles d'olive algériennes. L'huile de dix variétés « *Akerma, Azeradj, Bouguenfous, Chemlal, Hamra, Limli, Rougette de Mitidja, Tabelout, Takestit et Zelteni* » et six échantillons d'huiles commerciales « C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ et C₆ » ont été utilisés dans notre expérimentation. La qualité des huiles tirées des dix variétés, extraites dans les meilleures conditions, est nettement supérieure à celle des huiles commerciales. Les variétés : *Tabeloute, Azeradj* et *Zelteni* ayants des teneurs élevées en huile et des teneurs appréciables en acide oléique, sont à prendre en considération lors d'une sélection variétale. La variété *Rougette de Mettidja* enregistre la teneur la plus élevée en acide oléique (81,06%). Certaines variétés sont intéressantes en raison de leurs teneurs en composés mineurs : la variété *Akerma* pour ses teneurs élevées en α -tocophérol (389,5mg/Kg), en polyphénols totaux (470,3 mg/Kg) et en *ortho*-diphénols (45,16 mg/Kg) et les variétés *Rougette* et *Limli* pour leurs teneurs élevées en α -tocophérol (378 mg/Kg) et en tocophérols totaux (447 mg/Kg), respectivement. Les données de notre étude ont permis de conclure une adultération de certaines huiles commerciales algériennes (C₁ et C₆). La capacité antioxydante des extraits méthanoliques des différentes huiles d'olive suit le même ordre que celui des teneurs en polyphénols totaux et en *ortho*-diphénols. La variété *Akerma* se montre très performante avec les meilleures activités réductrice et antiradicalaire sur DPPH, ainsi que la plus forte capacité à inhiber l'oxydation du β -carotène. La variété *Chemlal* la suit de près et montre une meilleure capacité à inhiber le peroxyde d'hydrogène. L'activité antiradicalaire de l'huile sur le DPPH suit non seulement les teneurs en polyphénols totaux ($r=0,73$) et *ortho*-diphénols ($r=0,84$) mais aussi celles en α -tocophérol ($r=0,53$). Une corrélation importante est notée entre cette activité et la somme des teneurs en polyphénols totaux, en caroténoïdes et en α -tocophérol ($r=0,88$). Les EC₅₀ montrent une plus grande efficacité dans la neutralisation du radical DPPH des huiles à teneurs élevées en antioxydants. Les résultats de cette étude montrent que la consommation de l'huile d'olive permet un apport non négligeable en antioxydants et interviendrait dans la lutte contre le stress oxydant.

Mots clés : Huile d'olive, variété, polyphénols, *ortho*-diphénols, caroténoïdes, tocophérols, acide oléique, activité antioxydante.

Abstract

This study aimed to the quality parameters and quantitative determination of the composition in fatty acids and antioxidant substances of Algerian olive oil and the evaluation of the antioxidant potential of these oils by different methods. Oil of ten varieties « *Akerma, Azeradj, Bouguenfous, Chemlal, Hamra, Limli, Rougette de Mitidja, Tabelout, Takestit et Zelteni* » and six commercial oils « C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ et C₆ » were chosen for this aim. The quality of oils from ten varieties, obtained under best conditions, is significantly higher than that of commercial oils. Varieties: *Tabeloute, Azeradj* and *Zelteni* with high levels of oil and appreciable levels of oleic acid, are taken into consideration in a varieties selection. The variety *Rougette de Mettidja* is very powerful in terms of fatty acid composition; it registers the highest level of oleic acid (81.06%). Some varieties are interesting because of their contents of minor compounds: the variety *Akerma* for its high levels of α -tocopherol (389.5 mg/kg), total polyphenols (470.3 mg/kg) and *ortho*-diphenols (45.16 mg/kg) and varieties *Rougette* and *Limli* for their high levels of α -tocopherol (378 mg/kg) and total tocopherols (447 mg/kg), respectively. The data of our study allowed concluding an adulteration of certain Algerian commercial oils (C₁ and C₆). The antioxidant capacity of methanolic extracts of olive oils follows the same order as that of the levels of total polyphenol and *ortho*-diphenols. The variety *Akerma* is very efficient with the best reducing and DPPH activities, and the highest ability to inhibit the oxidation of β -carotene. Followed by the variety *Chemlal* and shows a better ability to inhibit hydrogen peroxide. Oil antiradical activity on DPPH follows not only the levels of total polyphenols ($r=0.73$) and *ortho*-diphenols ($r=0.84$) but also in α -tocopherol ($r=0.53$). A significant correlation was noted between this activity and the sum of the levels of total polyphenols, carotenoid and α -tocopherol ($r=0.88$). The EC₅₀ show greater efficacy in the neutralization of DPPH radical of oils with high levels in antioxidants. Results of this study show that consumption of olive oils is good source of antioxidants and it can be involved in fighting oxidative stress.

Key words: Olive oil, varieties, phenolic compounds, *ortho*-diphenols, carotenoid, tocopherol, oleic acid, antioxidant potential.

ملخص :

إن هذه الدراسة تخص معايير النوعية، التركيب الكمي من حيث الأحماض الدسمة والمواد المضادة للأكسدة وكذلك تقييم القدرة ضد الأكسدة بطرق مختلفة لزيوت الزيتون الجزائري. استعملت في تجاربنا: عشرة أنواع (أكزما، أزراج، بوغنفوس، شلال، ليملي، حمراء، حمراء متيجة، تابلوط، تقصيرت، زلنتي) وست عينات من الزيوت التجارية (C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆). إن نوعية الزيوت المأخوذة من الأنواع العشرة والمستخدمه في ظروف مثالية أعلى بكثير من نوعية الزيوت التجارية. الأنواع أزراج، تابلوط و زلنتي تحتوي على نسبة عالية من الزيت وعلى نسب كافية من حمض الأولييك، لذا فيجب أخذها بعين الاعتبار أثناء انتقاء الأنواع (النسلي). النوع حمراء متيجة تحتوي على نسبة عالية من حمض الأولييك (81.06%)، يسجل بذلك أعلى نسبة مقارنة مع الأنواع الأخرى. بعض الأنواع لها أهمية كبيرة نظرا لمحتواها من حيث المركبات المضادة للأكسدة بحيث النوع أكزما لها محتوى عالي من حيث التوكوفيرول α (389.5 مغ/كغ)، من حيث البوليفينول (470.3 مغ/كغ) ومن حيث الأرتوديفينول (45.16 مغ/كغ)، النوع حمراء متيجة لها محتوى عالي من حيث التوكوفيرول α (378 مغ/كغ)، و يسجل النوع ليملي، اعلي مستوي من حيث التوكوفيرول الكلية 447 مغ/كغ سمحت معطيات دراستنا باستنتاج أن بعض الزيوت الجزائرية C₁, C₆ مغشوشة. إن القدرة ضد الأكسدة للمستخلصات الميثانولية لزيوت الزيتون المختلفة يتبع نفس ترتيب المحتوى من حيث البوليفينول والأرتوديفينول. النوع أكزما لها خصائص مرجعة ومضادة للجدر الحر عالية ولها قدرة كبيرة على تثبيت أكسدة الكروتين. النوع شلال يأتي بعد النوع أكزما ويبيدي قدرة أكبر على تثبيط البيروكسيد الهيدروجين. النشاط ضد الجذور الحرة للزيت على أكسدة DPPH يطابق مع كميات البوليفينول ($r=0.73$) و الأرتوديفينول ($r=0.84$) وكذلك مع كميات التوكوفيرول α ($r=0.53$) لوحظ وجود علاقة تناسبية طردية بين هذا النشاط ومحصلة نسبة البوليفينول، الكاروتينويد، التوكوفيرول α ($r=0.88$). إن EC₅₀ تبين وجود فعالية أكبر في تعديل الجذر الحر DPPH للزيتون ذات كمية عالية من مضادات الأكسدة. نتائج هذه الدراسة تبين لأن استهلاك زيت الزيتون يسمح بتوفير كميات غير مهملة من مضادات الأكسدة وتتدخل في محاربة الإرهاق التأكسدي.

مفتاح الكلمات : زيت الزيتون، النوع، المركبات الفينولية، الأرتوديفينول، الكاروتينويد، حمض الأولييك، القدرة المضادة للأكسدة.