

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Sciences agronomiques
Option : Technologie agro-alimentaire et contrôle de qualité

Thème

**Etude bibliographique de la teneur en
antioxydants et activité anti-oxydante de
quelques huiles d'olives issues de différents
pays**

Réalisé par :

M^{elle} : DJEBBAR Djouher

M^{elle} : MOUSSOUNI Samira

Membres de jury :

Président : M^r SADOUDI

Maitre de conférences classe A à l'UMMTO

Promotrice : M^{me} REZZAK/MEDJKOUH

Maitre de conférences classe B à l'UMMTO

Examineur : M^r BENGANA

Maitre de conférences classe B à l'UMMTO

Année universitaire : 2019-2020

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A tous les membres de ma famille,

En particulier mes parents. Je souhaiterais aujourd'hui leur exprimer toute ma gratitude. Vous avez toujours cru en moi et m'avez laissé libre de mes choix, je ne vous remercierai jamais assez pour cela.

A mon cher frère,

Je te souhaite un avenir plein d'essor et de réussite.

A mon binôme,

A toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Djouher

Dédicaces

En premier lieu je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donné la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents,

Sans votre affection, vos conseils, vos sacrifices, vos encouragements, vos prières et vos efforts que vous avez déployé durant toute ma vie, ce travail n'aurait jamais pu être réalisé. Je vous présente ma pleine gratitude et mon profond respect, j'espère que Dieu vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

A mon cher frère,

Je te souhaite un avenir plein d'essor et de réussite.

A mes chères sœurs, Dihia, Djedjiga et Melissa

A mes chères amies et particulièrement, Lydia

À mon binôme,

A toute la promotion technologie agro-alimentaire et contrôle de qualité

En fin nous le dédions à toute personne ayons contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Samira

Remerciements

On remercie avant tous, Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes les longues années d'études afin qu'on puisse arriver là.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères à:

Notre encadreur Mme Medjkouh L.

Nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail. Nous avons trouvé auprès de vous le conseiller et le guide qui nous a reçues en toute circonstance avec sympathie, sourire et bienveillance. La pertinence de vos remarques et la justesse de vos corrections sont pour nous un exemple de rigueur. Veuillez, cher professeur, trouvé dans ce modeste travail l'expression de notre haute considération, de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.

Aux membres du jury

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils nous ont porté en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Glossaire

Introduction générale.....1

Partie bibliographique

Chapitre I : L'huile d'olive

Introduction.....3

I.1. Dénominations et définitions.....3

I.1.1. Définition.....3

I.1.2. Dénominations4

I.2. Composition chimique et valeur nutritionnelle de l'huile d'olive4

I.2.1. La fraction saponifiable5

I.2.1.1. Les acides gras5

I.2.1.2. Les triglycérides6

I.2.2. La fraction insaponifiable7

I.2.2.1. Les stérols.....7

I.2.2.2. Les tocophérols8

I.2.2.3. Les composés phénoliques8

I.2.2.4. Les hydrocarbures10

I.2.2.5. Les composés aromatiques11

I.2.2.6. Les pigments	12
I.3. Production et consommation de l'huile d'olive	12
I.3.1. Production et consommation dans le monde	12
I.3.1.1. La production mondiale	12
I.3.1.2. La consommation mondiale	14
I.3.2. Production et consommation algériennes	14
I.3.2.1. Production algérienne	14
I.3.2.2. Consommation algérienne	16
I.4. Les bienfaits thérapeutiques de l'huile d'olive	16
Chapitre II : Les antioxydants et l'activité anti-oxydante de l'huile d'olive	
Introduction	19
II.1. Radicaux libres et stress oxydatif	20
II.1.1. Radicaux libres	20
II.1.1.1. Définition	20
II.1.1.2. Origines des espèces réactives de l'oxygène	21
II.1.2. stress oxydatif	24
II.2. Antioxydants	25
II.2.1. Définition	25
II.2.2. Classification.....	25
II.2.2.1. Les antioxydants naturels.....	25
II.2.2.1.1. Les antioxydants enzymatiques	25
II.2.2.1.2. Les antioxydants non-enzymatiques	25
II.2.2.2. Les antioxydants synthétiques	26
II.2.3. Mécanisme d'action	26
II.2.3.1. Transfert d'atome d'hydrogène	26

II.2.3.2. Transfert mono-électronique d'électron.....	27
II.2.3.3. Chélation des métaux de transition.....	27
II .3. Les antioxydants de l'huile d'olive	28
II .3.1. La teneur de l'huile d'olive en antioxydants	28
II.3.1.1. Les tocophérols	28
II.3.1.2. Les composés phénoliques	29
II.3.1.3. Les caroténoïdes	29
II.3.1.4 Le squalène	30
II.4. Les facteurs influençant la teneur en antioxydants de l'huile d'olive	30
II.4.1. Facteurs agronomiques et environnementaux	30
II.4.1.1. Influence de la maturation des olives	30
II.4.1.2. La variété	30
II.4.1.3. L'irrigation	30
II.4.1.4. Le climat et la saison de récolte	31
II.4.1.5.L'altitude.....	31
II.4.1.6. Effet des ravageurs	31
II.4.2. Les facteurs technologiques.....	31
II.4.2.1. Le système d'extraction de l'huile	31
II.4.2.2. Le stockage de l'huile d'olive	32
II.4.2.3. Influence de la lumière	32
Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs	
Introduction.....	33
I. Méthodes utilisées	34
I.1. Mesure de la teneur en molécules bioactives contenues dans l'huile d'olive	34
I.1.1. Méthodes d'extraction des polyphénols.....	34
I.1.2. Dosage des polyphénols totaux	34

I.1.3. Dosage des ortho-diphénols	34
I.1.4. Dosage des flavonoïdes	35
I.1.5. Mesure des pigments chlorophylliens et caroténoïdes	35
I.1.6. Mesure de la stabilité oxydative	35
I.2. Détermination de l'activité anti-oxydante et anti-radicalaire	35
I.2.1. Pouvoir réducteur	35
I.2.2. Activité anti-radicalaire sur le DPPH.....	36
I.2.3. Pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP).....	37
I.2.4. Activité anti-radicalaire sur l'ABTS.....	37
II. Discussions des résultats.....	37
II.1. Molécules bioactives contenues dans l'huile d'olive.....	37
II.1.1. Les polyphénols totaux	37
II.1.2. Les ortho-diphénols	39
II.1.3. Les flavonoïdes	40
II.1.4. Les pigments (chlorophylles et caroténoïdes).....	41
II.1.5. La stabilité oxydative.....	43
II.2. Activités anti-oxydantes et anti-radicalaires.....	44
II.2.1. Le pouvoir réducteur	45
II.2.2. Activité anti-radicalaire sur le radical DPPH.....	46
II.2.3. FRAP.....	47
II.2.4. Activité anti-radicalaire sur le radical ABTS	48
Conclusion.....	49
Conclusion générale.....	51

Liste des tableaux

Numéro	Titre	page
I	Les différentes catégories de l'huile d'olive et leurs caractéristiques	4
II	Composition nutritionnelle de l'huile d'olive	5
III	Composition de l'huile d'olive en acide	6
IV	Composition de l'huile d'olive en triglycérides	7
V	Différentes classes de composés phénoliques	9
VI	Production mondiale de l'huile d'olive	13
VII	Evolution de la consommation mondiale de l'huile d'olive	14
IIIX	Rôles thérapeutiques de certains composés de l'huile d'olive.	17
IX	Les deux types de protections antioxydantes de l'organisme: les systèmes enzymatiques et nutriments antioxydants	25
X	Teneurs en composés phénoliques totaux, flavonoïdes et ortho-diphénols des huiles.	38
XI	Teneurs en pigments (chlorophylles et caroténoïdes) des huiles d'olives de plusieurs variétés Italiennes, Espagnoles et Tunisiennes.	41
XII	La stabilité oxydative des huiles d'olive des variétés tunisiennes exprimée en temps d'induction d'oxydation (h).	43
XIII	Activité antioxydante et anti-radicalaire de différentes variétés d'huile d'olive étudiées par quatre méthodes.	46

Liste des figures

Figures	Titres	pages
N°1	Structure des acides gras majeurs de l'huile d'olive, (1) acide oléique, (2) acide linoléique	6
N°2	Principaux stérols de l'huile d'olive	8
N°3	Structure générale d'un tocophérol	8
N°4	Structure du squaléne	11
N°5	Structure chimique des composés volatiles majoritaires	11
N°6	La production mondiale de l'huile d'olive	13
N°7	Répartition de la zone oléicole en Algérie	15
N°8	Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO)	20
N°9	Les formes actives de l'oxygène dans la cellule	21
N°10	Formation des Espèces Réactives par réduction de l'oxygène	22
N°11	Radiation UV de la lumière	23
N°12	Effets des espèces réactives sur l'adn, les lipides et les protéines	23
N°13	Équilibre redox en situation homéostasique et déséquilibre redox en situation pathologique	24
N°14	Action des antioxydants sur les radicaux libres	27
N°15	Mécanisme de chélation des métaux de transition par la Quercétine	27
N°16	Réaction de l' α tocopherol avec le radical lipidique peroxy (R, R'=groupe alkyl)	28
N°17	Mécanisme antioxydant de l'hydroxytyrosol par donation d'hydrogène	29

% : Pourcentage.

ABTS : Acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).

AGE : Acide Gras Essentielle.

AGMI : Acide Gras Monoinsaturé.

AGPI : Acide Gras Poly-insaturé.

ANDO : association nationale de la promotion et du développement de la filière oléiculture.

COI : Conseil Oléicole International.

DPPH: 1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl.

DSA : Direction des Service Agricole.

EAC : Equivalent d'Acide Caféique.

EAG : Equivalent d'Acide Gallique.

EPA : Acide Eicosa-Pentaénoïque.

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène ou oxygénées.

FAD : Flavine Adénine Dinucléotide.

FAO : Food and Agriculture Organisation

FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power.

FTC : Thiocyanate Ferrique.

GSH: Glutathion (acide glutamique-cystéine-glycine).

H.O : Huile d'Olive.

H₂O₂: Peroxyde d'Hydrogène.

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

HPLC: High Performance Liquid Chromatography.

IC₅₀ : Concentration correspondante à 50% d'inhibition.

K232 : Coefficient d'extinction spécifique a 232 nanomètre.

K270 : Coefficient d'extinction spécifique a 270 nanomètre.

kHz : kilohertz.

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

Liste des abréviations

MAO : Monoamines Oxydases.

MCV : Maladies Cardiovasculaires.

ONAGRI : Observatoire National de l'Agriculture.

ROS: Reactive Oxygen Species.

SOD : Superoxyde Dismutase.

TEAC : Trolox Equivalent Antioxydant Capacity.

UE : Union Européen.

UV : Ultraviolet.

VOO: Virgin Olive Oil (huile d'olive vierge).

Glossaire

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

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

Cardiovasculaire : Relatif au cœur et aux vaisseaux sanguins.

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

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

Colite : Inflammation de la muqueuse du gros intestin (côlon) et se traduit par différents troubles intestinaux. Elle se manifeste, entre autres, par une diarrhée et par des douleurs abdominales.

Homéostasie : Régulation naturelle de l'organisme pour maintenir constants les paramètres biologiques du corps humain face aux modifications du milieu extérieur.

Maladie de Crohn : Atteinte inflammatoire chronique et progressive du tube digestif qui affecte le plus souvent la partie inférieure de l'intestin grêle et la partie supérieure du côlon. Cette maladie auto-immune est causée par une réaction anormale du système immunitaire qui perçoit les tissus intestinaux comme des corps étrangers qui cherche à les détruire.

Réaction de Fenton : Réaction d'oxydation avancée qui consiste à amorcer des réactions de décomposition du peroxyde d'hydrogène par des sels métalliques afin de générer des espèces radicalaires.

Parkinson: Maladie neurologique chronique affectant le système nerveux central.

Introduction

L'huile d'olive a été utilisée depuis des siècles dans l'alimentation des régions méditerranéennes. Elle est incontestablement l'élément le plus important de la médecine et la principale source de graisse du régime méditerranéen. Utilisée comme principale graisse culinaire, l'huile d'olive est une véritable source en acides gras mono-insaturés ainsi qu'en nombreuses molécules anti-oxydantes (**Guzel *et al.*, 2018 ; Gaforio *et al.*, 2019**).

L'huile d'olive se compose principalement d'acide oléique et de petites quantités d'autres acides gras tels que l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide linoléique et l'acide arachidonique (**Lin *et al.*, 2017 ; Romana-Souza *et al.*, 2020**). En outre, elle contient une fraction mineure (de 1 à 2 % de la composition totale) de composés hautement bioactifs tels que le squalène, stérols, triterpènes, pigments, α -tocophérol et les composés phénoliques (**Yubero-Serrano *et al.*, 2019**) dotée de propriétés anti-oxydantes et anti-inflammatoires et pouvant protéger contre les maladies cardiovasculaires, le diabète et le cancer (**Tektonidis *et al.*, 2015 ; Schwingshackl *et al.*, 2017 ; Przychodzen *et al.*, 2019**). Ces substances protègent également contre la génération excessive d'espèces réactives et le stress oxydatif, l'autorité européenne de sécurité des aliments (AESAs) suppose que les polyphénols présents dans une dose quotidienne de 20 g d'huile d'olive protègent les lipides sanguins du stress oxydatif chez l'homme (**kouka *et al.*, 2020**).

Actuellement, environ 98 % de la production d'huile d'olive est réalisée dans les pays méditerranéens, tels que l'Espagne, la Turquie, la Grèce et l'Italie, Maroc et Tunisie. Cependant, elle est également produite dans d'autres pays comme l'Australie et les États-Unis (**Foscolou *et al.*, 2018**).

La production de l'huile d'olive en Algérie, revêt une grande importance économique et sociale. 66% de la production oléicole est destinée à la production de l'huile, le reste est destiné à la production d'olives de table. Une grande diversité caractérise l'oléiculture algérienne mais sa valorisation reste insuffisante (**Hadj Sadouk *et al.*, 2018**).

De nombreux facteurs influencent la composition du fruits de l'olivier et par conséquent la composition des huiles issues (**Mele *et al.*, 2018**), ils sont d'ordre, variétale (génétique), environnemental (sol, zone de culture et climat), agronomique (traitement, irrigation et fertilisation), culturale (maturité et récolte du fruit d'olive) et technologique (entreposage après la récolte, système d'extraction) ainsi que l'âge des arbres (**Ouedrhiri *et al.*, 2017**). Ces

facteurs peuvent grandement affecter la quantité et la qualité du produit final. Ce dernier est le résultat d'une interaction multivariée complexe entre tous ces critères (**Kalogeropoulos et Kaliora, 2015**).

Notre méthodologie d'approche est la suivante :

- Chapitre I : L'huile d'olive, décrivant des généralités sur l'huile d'olive.
- Chapitre II : L'activité antioxydante de l'huile d'olive, décrivant le stress oxydatif et les radicaux libres, les antioxydants ainsi que les facteurs influençant ces derniers.
- Chapitre III : Récapitulatif de quelques travaux réalisés à fin de déduire la différence entre la composition de quelques huiles en composés bioactifs ainsi que l'activité antioxydante et anti-radicalaire et les facteurs influençant ces derniers.

Introduction

L'huile d'olive est une huile de table très appréciée pour son goût et son arôme délicieux (**Rodrigues et al., 2019**). Elle est élaborée à partir de fruits d'olive sains en utilisant uniquement des méthodes mécaniques à basse température (généralement en dessous de 28°C) sans ajout de solvants chimiques (**Miho et al., 2020**).

L'huile d'olive est principalement produite et consommée dans le bassin méditerranéen et gagne en popularité dans le monde entier en raison de ses excellentes propriétés organoleptiques et nutritionnelles (**Miho et al., 2020**). Elle est composée d'une fraction saponifiable et insaponifiable, représentant respectivement environ 98% et 2% du poids total. La fraction saponifiable est principalement composée d'acides gras, tandis que la fraction insaponifiable présente un complexe hétérogène de composés mineurs (**Servili et al., 2014**). Plusieurs familles chimiques y sont inclus, comme les aliphatiques et les triterpènes, alcools, stérols, hydrocarbures, phénols, tocophérols, esters, pigments et composants volatils, etc... (**Rallo et al., 2018**).

L'intérêt nutritionnel des composés phénoliques réside dans leur forte capacité anti-oxydante qui confère à l'huile un effet bénéfique sur la santé humaine, en particulier dans la prévention des maladies cardiovasculaires et des troubles métaboliques (**De Santis et al., 2019**).

En Algérie, la production d'huile d'olive a un impact socio-économique bien défini. Elle figure parmi les 43 pays producteurs dans le monde (**Bachouche, 2019**). En outre, l'huile d'olive est la principale ressource de l'Algérie en huiles végétales, dont la production, a atteint plus de 19,6 millions de litres sur une superficie de 34 590 ha à Tizi-Ouzou (**DSA, 2020**). En fait, la filière oléicole algérienne est l'une des moins compétitives en Méditerranée, même si le pays est classé 8ème producteur mondial par le conseil oléicole international (COI) car, elle a bénéficié de peu d'initiatives de modernisation (**Hadjou et al., 2013**).

I.1. Dénominations et définitions

I.1.1. Définition

D'après le (**COI, 2018**), l'huile d'olive est : « l'huile provenant uniquement de l'olivier (*Olea europaea L.*) à l'exclusion des huiles obtenues par solvants ou par procédés de ré-estérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature ».

I.1.2. Dénominations

L'huile d'olive comprend diverses appellations et classifications. L'appartenance à une catégorie est définie en fonction de l'évaluation de quelques paramètres de qualité de l'huile (Tableau I) tel que les caractéristiques organoleptiques de l'huile et principalement son acidité.

Tableau I : Les différentes catégories de l'huile d'olive et leurs caractéristiques (COI, 2015).

Catégories	Acidité (%)	Indice de peroxyde (mEq O ₂ /kg)	Absorbance dans l'UV			Caractéristiques organoleptiques	
			270 nm	ΔK	232 nm	Médiane par défaut	Médiane du fruité
Huile d'olive vierge extra	≤ 0.8	≤ 20	≤ 0.22	≤ 0.01	≤ 2.50	Me = 0	Me > 0
Huile d'olive vierge	≤ 2.0	≤ 20	≤ 0.25	≤ 0.01	≤ 2.60	0 < Me ≤ 3.5	Me > 0
Huile d'olive courante	≤ 3.3	≤ 20	≤ 0.30	≤ 0.01	-	3.5 < Me ≤ 6.0	-
Huile d'olive lampante	> 3.3	Non limité	-	-	-	Me > 6.0	-

I.2. Composition chimique et valeur nutritionnelle de l'huile d'olive

L'huile d'olive est généralement un mélange complexe de plus de 200 composés comprenant des composants majeurs et mineurs mais indispensables. Dans l'ensemble, l'huile d'olive a une valeur nutritionnelle élevée. Sa composition nutritionnelle résulte des interactions multiples et complexes entre facteurs endogènes et exogènes car, diverses conditions environnementales, agronomiques et les systèmes de transformation ont un impact significatif sur la quantité de chaque composé. Cependant, l'efficacité nutritionnelle, les caractéristiques physiologiques et les principaux types de composants sont approximativement les mêmes à travers les différentes

variétés d'huile d'olive (Guo *et al.*, 2017). Le Tableau II présente les principaux contenus nutritionnels de l'huile d'olive.

Tableau II: Composition nutritionnelle de l'huile d'olive (Guo *et al.*, 2017).

Nutriments	Types de molécules	Valeur (par 100 g)
Minéraux	Calcium	1 mg
	Fer	0.56 mg
	Potassium	1 mg
	Sodium	2 mg
Vitamines	Vitamine E	14.35 mg
	Vitamine K	60.2 µg
Lipides	Acides gras saturés	13.808 g
	AG mono-insaturés	72.961 g
	AG polyinsaturés	10.523g

I.2.1. La fraction saponifiable

La fraction saponifiable représente 98-99 % du poids total de l'huile d'olive (Capurso *et al.*, 2018). Elle est constituée essentiellement de triglycérides et d'acides gras.

I.2.1.1. Les acides gras

Les acides gras sont des molécules organiques comprenant une chaîne carbonée terminée par un groupement carboxyle. Cette chaîne peut être dépourvue de toute double liaison carbone-carbone dans ce cas les acides gras sont dits « saturés ». Elle peut également contenir une double liaison (acides gras mono-insaturés AGMI) ou plusieurs doubles liaisons (acides gras polyinsaturés AGPI) (Veillet, 2010).

L'abondance de l'acide oléique, un AGMI, est la caractéristique qui définit l'huile d'olive en dehors des autres huiles végétales. L'acide oléique (C18 :1) (Figure n°1) représente 56 à 84% des acides gras de l'huile d'olive, tandis que l'acide linoléique (C18 :2) qui est un AGPI essentiel pour l'alimentation humaine, représente 3 à 21% (Benlemlih et Ganam, 2012).

L'acide palmitique (7.5 à 20%) et l'acide stéarique (0.5 à 5%) sont les principaux acides gras saturés de l'huile d'olive. Les acides : myristique, heptadécanoïque, arachidique, béhenique, peuvent être présents à l'état de traces (Capurso *et al.*, 2018).

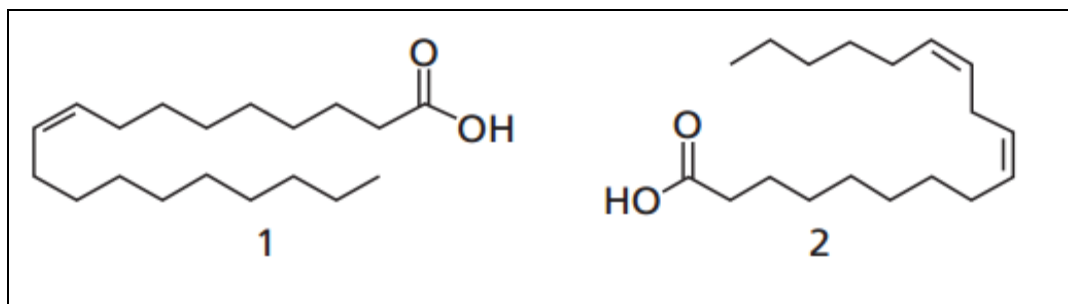


Figure n°1 : Structure des acides gras majeurs de l'huile d'olive, (1) acide oléique, (2) acide linoléique (Benlemlih et Ganam, 2012).

La teneur en acides gras de l'huile d'olive varie selon la zone de production, l'altitude, le climat, la variété et le stade de maturation du fruit (Djelloul *et al.*, 2020).

Les limites de la composition en acides gras fixée par le (COI) sont représentées dans le tableau III.

Tableau III: Composition de l'huile d'olive en acide gras (COI, 2015).

Acide gras	Symboles	Limite de variabilité %
Acide myristique	C14 : 0	≤ 0.05
Acide palmitique	C16 : 0	7.5-20.0
Acide palmitoléique	C16 : 1	0.3-3.5
Acide heptadécanoïque	C17 : 0	≤ 0.3
Acide heptadécénoïque	C17 : 1	≤ 0.3
Acide stéarique	C18 : 0	0.5-5.0
Acide oléique	C18 : 1	55.0-83.0
Acide linoléique	C18 : 2	3.5-21.0
Acide linoléique	C18 : 3	≤ 1.0
Acide arachidique	C20 : 0	≤ 0.6
Acide gadoléique	C20 : 1	≤ 0.4
Acide béhenique	C22 : 0	≤ 0.2
Acide linocérique	C24 : 0	≤ 0.2

I.2.1.2. Les triglycérides

Les triglycérides sont des esters de glycérol et d'acides gras. Ils constituent le principal composant de l'huile d'olive vierge (Rouas *et al.*, 2016). Environ 98% des acides oléique et

linoléique sont estérifiés en position 2 du glycérol (**Hilali et al., 2020**). L'analyse de la fraction triglycéride de l'huile d'olive par HPLC a permis la séparation des triglycérides individuels. Ainsi, on note la prédominance des triglycérides OOO (trioléine), POO (dioléopalmitine), OOL (dioléolinoléine), POL (palmitooléolinoléine) et SOO (dioléostéarine) par ordre décroissant (**Hilali et al., 2020**).

Les triglycérides qui se trouvent dans des proportions significatives dans huile d'olive sont représentés dans le tableau IV.

Tableau IV: Les triglycérides de l'huile d'olive (**Boskou et al., 2006 ; Laribi, 2015**).

Nature	% des triglycérides	
OOO	40-60	O : acide Oléique
POO	10-20	P : acide Palmitique
OOL	10-20	L : acide Linoléique
POL	5-7	S : acide Stéarique
SOO	3-7	

I.2.2. La fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable représente 1 à 2% du poids total de l'huile d'olive. Elle est constituée d'hydrocarbures, de stérols, d'alcools terpéniques, de tocophérols, de composés phénoliques, et de pigments (chlorophylles, caroténoïdes) (**Capurso et al., 2018**). Après saponification, ces constituants sont peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques.

I.2.2.1. Les stérols

Les stérols sont des lipides nutritionnellement importants (Figure n°2), associés à la qualité de l'huile (**Medjkouh, 2017**), présents sous forme libres ou estérifiés avec les acides. Ils représentent les constituants majeurs de la fraction insaponifiable et peuvent atteindre jusqu'à 1000 mg/kg dans l'huile d'olive extra vierge (**Özdemir et al., 2018**). Les principaux stérols sont le β - sitostérol (70 à 90 % du total), le Δ^5 -Avenastérol (3 à 14 %), le campesterol (2 à 4%) et le stigmastérol (1 à 2%) (**Krist, 2020**).

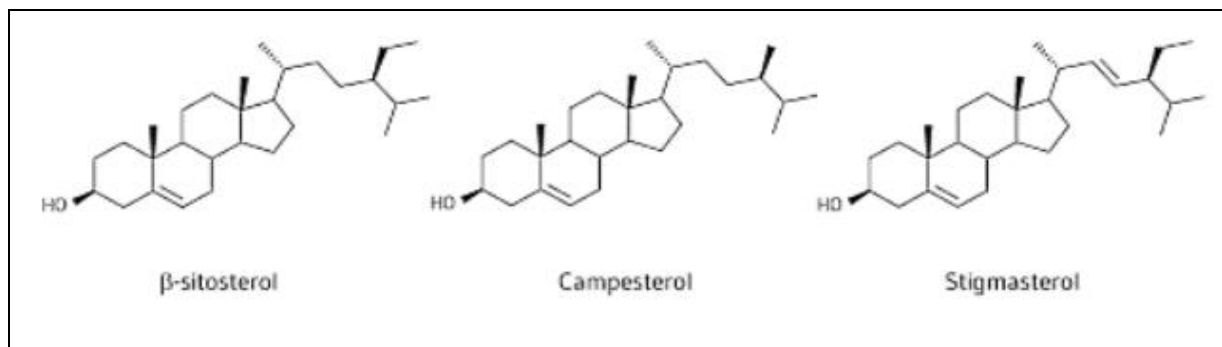


Figure n° 2: Principaux stérols de l'huile d'olive (Benrachou, 2013).

I.2.2.2. Les tocophérols

Dans l'huile d'olive, 4 types de tocophérols sont identifiés: alpha, beta, gamma et delta-tocophérols (Figure n°3) (Shendi *et al.*, 2020). Leur teneur totale dans les huiles d'olive est très variable puisqu'elle peut aller de quelque mg à 450 mg/kg d'huile (Boskou *et al.*, 2006).

L'alpha-tocophérol est majoritaire car, il représente à lui seul 90% de la teneur totale. Il a un double effet bénéfique, il a tout d'abord l'atout d'être une vitamine liposoluble (vitamine E) et présente également une forte activité anti-oxydante (Haddam *et al.*, 2014). Le tableau indique le nombre et la position des groupes méthyle sur le cycle aromatique.

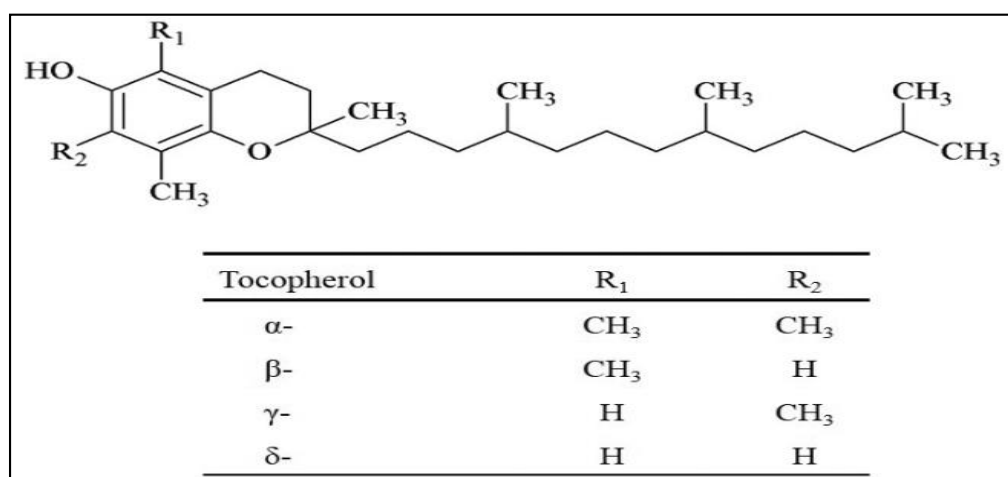


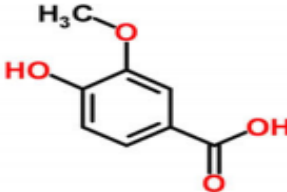
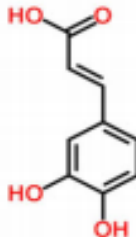
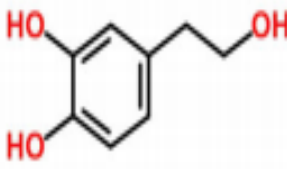
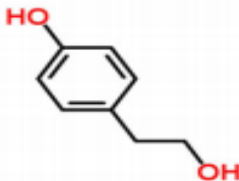
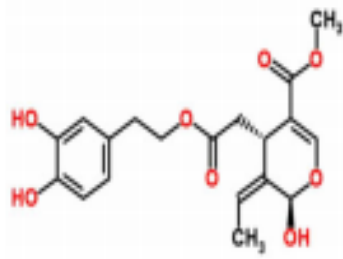
Figure n° 3: Structure générale d'un tocophérol (Špika *et al.*, 2016).

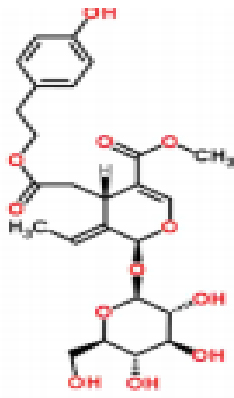
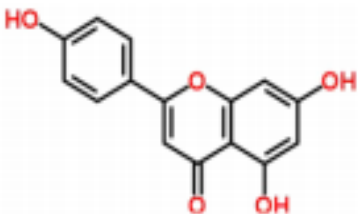
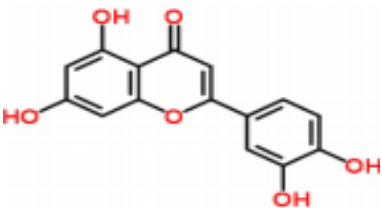
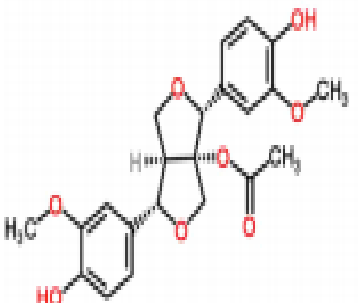
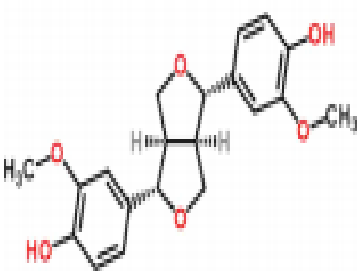
I.2.2.3. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques, appelés « polyphénols », sont responsables de la bonne stabilité des huiles d'olive vis-à-vis de l'oxydation, globalement, la quantité de polyphénols dans l'huile d'olive varie de 200 à 1000 mg/Kg dépendant de la variété et pratiques agricoles (Rodríguez-Morató *et al.*, 2015). La fraction phénolique de l'huile d'olive est hétérogène,

avec au moins 36 composés phénoliques structurellement distincts identifiés. Ces composés sont principalement divisés en cinq catégories (Gomes *et al.*, 2015). Le tableau V répertorie les phénols majeurs de l'huile d'olive et leurs structures. Ces composés phénoliques simples et complexes augmentent la stabilité et contribuent fortement au goût piquant, à l'astringence et à l'amertume des huiles (Haddam *et al.*, 2014).

Tableau V : Les différentes classes de composés phénoliques (Guo *et al.*, 2017).

Classes	Sous-classes	Structures
Acides phénoliques	Acide vanillique	
	Acide caféique	
Alcools phénoliques	Hydroxytyrosol	
	Tyrosol	
sécoiridoïdes	Oleuropéine	

<p>Sécoiridoïdes</p>	<p>Ligstroside</p>	
<p>Flavonoïdes</p>	<p>Apigénine</p>	
	<p>Lutéoline</p>	
<p>Lignanes</p>	<p>Pinorésinol</p>	
	<p>Acétoxypinorésinol</p>	

I.2.2.4. Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont quantitativement les principaux composants de la fraction insaponifiable. Le composant majeur est le squalène qui constitue 30 à 50 % de cette fraction.

Le squalène est un précurseur métabolique du cholestérol et d'autres stérols (Samaniego-Sanchez *et al*, 2010), il représente 500 à 780 mg/100g de l'huile d'olive (Visioli *et al*, 2002).

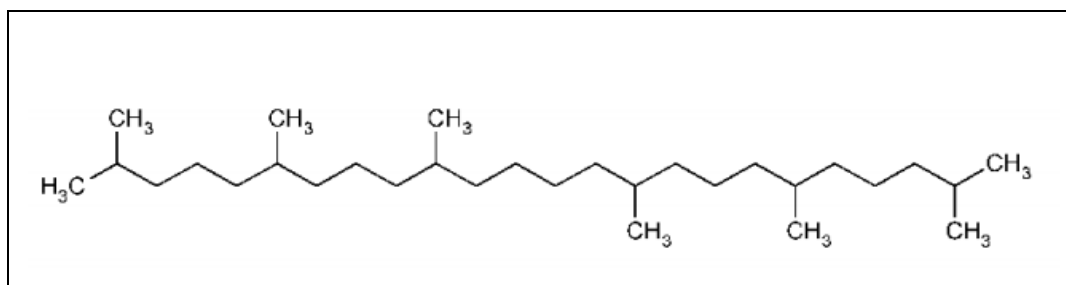


Figure n° 4: Structure du squalène (Graille, 2003).

I.2.2.5. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques sont des molécules de faible poids moléculaire volatiles à température ambiante. Ils sont majoritairement des produits de l'oxydation des acides gras. D'une manière générale, les enzymes endogènes présentes dans l'olive, dégradent les acides gras par des voies de lipoxygénases et ces produits de dégradation seront associés aux perceptions positives des arômes de l'huile d'olive. A l'inverse, les produits d'oxydation chimique ou dus à des enzymes exogènes (activité microbologique) conduisent généralement aux défauts sensoriels (Veillet, 2010).

Plus de 70 molécules composent la fraction volatile des huiles d'olive. Elles sont réparties en aldéhydes, alcools, esters, hydrocarbures et cétones, sachant qu'aucune de ces molécules ne peut être à elle seule responsable d'un arôme caractéristique d'une huile (Angerosa, 2000).

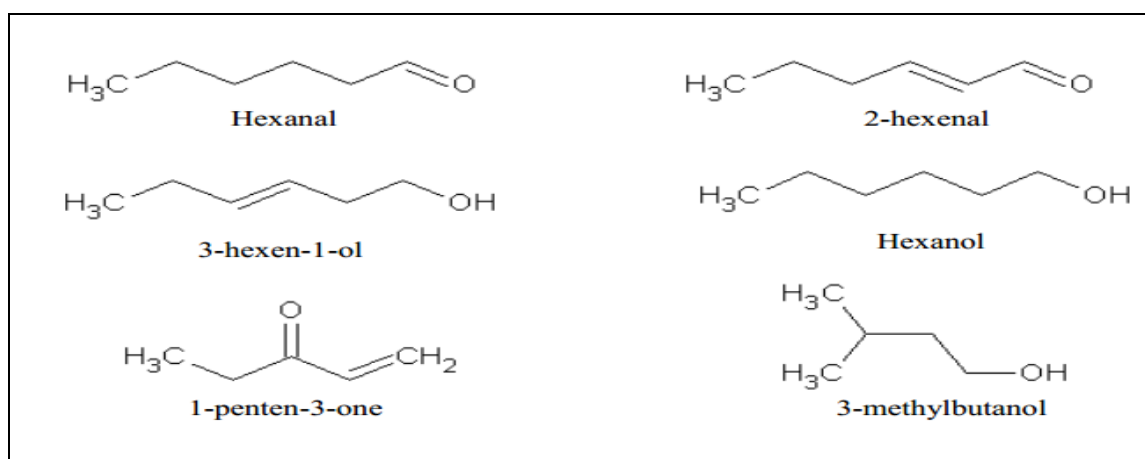


Figure n° 5: Structure chimique des composés volatiles majoritaires (Veillet, 2010).

I.2.2.6. Les pigments

La coloration de l'huile d'olive vierge est due essentiellement à la présence de pigments appartenant à la famille des caroténoïdes et la chlorophylle.

➤ Caroténoïde

Le pigment caroténoïde surtout présent dans l'huile d'olive est le β -carotène (provitamine A). Son taux varie entre 0.3 et 3.7 mg/kg d'huile. 2 mg de β -carotène se transforment en 1 mg de vitamine A. La provitamine A se transforme en vitamine A au cours de l'absorption intestinale (1 mg de carotène = 0,5 mg de vitamine A) (**Kataja-Tuomola et Sundell, 2008**).

➤ Les chlorophylles

Les chlorophylles sont présentes principalement sous forme de phéophytines, (c'est-à-dire une chlorophylle dont le magnésium a été retiré et remplacé par deux ions hydrogène), et confèrent la couleur caractéristique de l'huile d'olive (**Capurso et al., 2018**).

I.3. Production et consommation de l'huile d'olive

I.3.1. Production et consommation dans le monde

I.3.1.1. La production mondiale

La culture de l'olivier recouvre de nos jours plus de 11 382 383 hectares dans 47 pays des cinq continents. Toutefois, 98% de la production mondiale est concentrée dans le bassin Méditerranéen (**Oreggia et Marinelli, 2018**).

La production mondiale de l'huile d'olive présente une tendance haussière, la production de la saison 2019 à 2020 est de 3.121.000 tonnes (**CE, 2019**) contre une production moyenne de 2.944.500 tonnes de 2011 à 2016, l'Espagne et l'Italie sont jusqu' à présent les deux plus grands producteurs oléicoles. Les pays du Maghreb consacrent de plus en plus d'importantes étendues à l'oléiculture. Par ailleurs, l'augmentation de la production est principalement due à une croissance importante des superficies plantées en oliviers avec l'introduction de nouvelles variétés et aussi à l'automatisation croissante des huileries (**Mansouri et al., 2016 ; Gissous, 2019**).

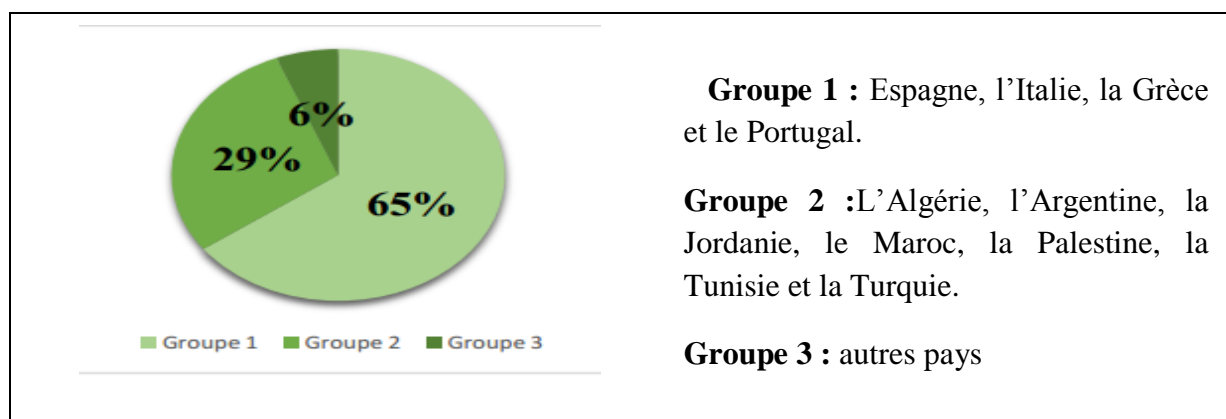


Figure n° 6: La production mondiale de l'huile d'olive (COI, 2018).

En fin décembre 2019, la Commission Européenne a estimé à 3.121 millions de tonnes la production mondiale d'huile d'olive pour la campagne 2019/2020. L'Union Européenne reste le premier producteur, avec 70% de la production mondiale. Les perspectives de la production dans l'UE devraient atteindre environ 1.989 millions de tonnes d'huile d'olive pour la campagne 2019/2020 enregistrant ainsi une baisse de 12% par rapport à la campagne 2018/2019 (2.264 millions de tonnes) (Tableau VI). En ce qui concerne les autres zones géographiques (en dehors de l'UE), la Commission Européenne estime à environ 1.133 millions tonnes la production totale enregistrant ainsi une hausse de 24% par rapport à la campagne précédente due principalement à la hausse de la production en Tunisie avec 300 mille tonnes (+150%), la Turquie avec 225 milles tonnes (+16%) et 608 milles tonnes d'huile d'olive pour le reste des pays producteurs (601 milles tonnes en 2018/2019).

Tableau VI: Production mondiale de l'huile d'olive (CE, 2019 ; ONAGRI, 2020).

Production	2018/2019(en 1000t)	2019/2020(en 1000t)	Variation
Espagne	1790	1230	-31 %
Italie	174	322	85 %
Tunisie	140	350	150 %
Grèce	120	300	150 %
Turquie	194	225	16 %
Maroc	200	145	-28 %
Portugal	100	120	20 %
Algérie	97	82	-15 %
Totale UE	2264	1898	-12 %
Totale monde	3178	3121	-2 %

I.3.1.2. La consommation mondiale

Au cours des 25 dernières années, la consommation d'huile d'olive a augmenté de plus d'un million de tonnes dans le monde entier, passant de 1 800 000 tonnes au début des années 90 à plus de 3 millions de tonnes durant la campagne 2016. En effet, selon le COI, la consommation mondiale a enregistré aussi une légère hausse de 6% passant de 2909 milles tonnes en 2018/2019 à 3094 milles tonnes en 2019/2020 (Tableau VII). Toutefois, on observe une augmentation du décalage entre l'offre et la demande.

Tableau VII: Evolution de la consommation mondiale de l'huile d'olive (COI, 2019).

	Consommation 2018/2019 (en 1000 t)	Consommation 2019/2020 (en 1000 t)	Variation
UE	1433	1572	10 %
Monde	2909	3094	6 %

Selon les données présentées par l'observatoire du COI : « Il existe un équilibre substantiel entre la production et la consommation d'huile d'olive dans le monde, mais nous devons produire plus d'huile d'olive vierge extra », affirme Abdellatif Ghedira, Directeur exécutif du Conseil oléicole international, avant de poursuivre que « la demande de produits de qualité augmente dans le monde entier et nous devons tout faire pour aider les pays membres du COI à répondre à cette demande croissante » (COI, 2017).

Même si la production et la consommation mondiales ont sensiblement augmenté, l'huile d'olive continue à n'occuper qu'une petite place sur le marché mondial des huiles végétales liquides: 1,4 % (USDA, 2018). C'est un pourcentage qui peut paraître aujourd'hui insignifiant vu la place qu'occupait l'huile d'olive à l'époque de l'empire romain.

I.3.2. Production et consommation algériennes

I.3.2.1. Production algérienne

L'oléiculture est concentrée au niveau de sept principales wilayas (Bejaïa, Tizi-Ouzou, Bouira, Bordj-Bou-Argeridj, Jijel, Sétif et Mascara) dont la région centre représente un taux de plus de 75% de la superficie oléicole globale de ces sept wilayas (Figure n°7) (ANDO, 2018). L'oléiculture est la première richesse arboricole de l'Algérie, c'est la source de subsistance pour plusieurs familles. La production de l'huile d'olive a enregistré le niveau le

plus élevé des 15 dernières années en atteignant plus de 900 000 hl à travers le territoire national, trois régions principales partagent sa production : la grande Kabylie (Tizi-Ouzou), petite Kabylie (Bejaia, Bouira, Boumerdes) et une partie de l'Est (Jijel, Skikda, Sétif et Guelma) (Slaimia, 2018).

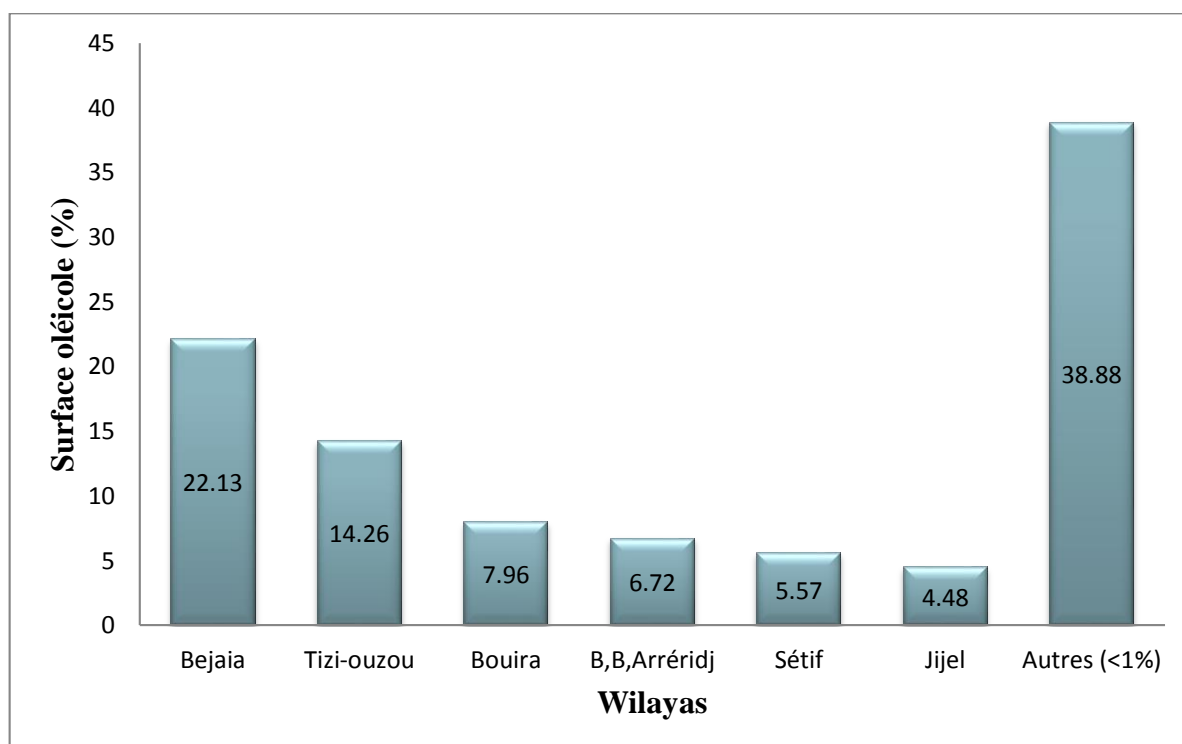


Figure n° 7: Répartition de la zone oléicole en Algérie (Oreggia et Marinelli, 2017).

En effet, l'Algérie est classée au 8^{ème} rang avec 82 milles tonnes de la production mondiale durant la campagne 2019/2020 soit une diminution de 15 % par rapport à la campagne précédente qui a enregistré 92 000 t (2018/2019) (CE, 2019).

➤ Production dans la wilaya de Tizi-Ouzou

La wilaya de Tizi-Ouzou a réalisé une production record de 19 637 793 litres d'huile d'olive durant la saison 2019/2020 (DSA, 2020). C'est l'une des meilleures productions jamais atteintes au niveau de la wilaya. Le directeur local des services agricole (DSA), Laib Makhoulf a rappelé que durant les quatre dernières saisons (2015/2016 à 2018/2019) la production d'huile n'a pas dépassé les 13, 5 millions de litres. Avec plus de 19,6 millions de litres d'huile d'olive obtenus cette année sur une superficie oléicole productive de 34 590 ha, il a été enregistré une hausse de près de 100% de la production comparativement à la saison dernière (2018/2019), où le volume d'huile était de 10 307 400 litres réalisé sur un verger de 33 512 ha, selon les chiffres communiqués par la DSA, (2020).

Cette production record aurait pu être encore plus importante si ce n'est la forte attaque de plusieurs vergers par la mouche de l'olive et qui a été l'un des principaux facteurs ayant réduit le rendement d'huile par quintal. Il s'agit notamment des bonnes pratiques culturales, à l'instar des techniques de récolte, le stockage des olives dans des caisses et leur trituration dans les meilleurs délais pour éviter au fruit une perte de l'huile durant le stockage. De plus, cette «performance» dans la production d'huile d'olive n'est pas uniquement quantitative mais elle est aussi qualitative (DSA, 2020).

De ce fait, l'Algérie veut développer son secteur oléicole, en augmentant les surfaces plantées et en modernisant les industries d'extraction d'huile d'olive, et ainsi se placer parmi les premiers pays producteurs d'huile d'olive (Slaimia, 2018).

I.3.2.2. Consommation algérienne

La consommation de l'huile d'olive pour chaque Algérien ne dépasse pas 1.5 kg/an a révélé le président du Conseil national interprofessionnel de la filière oléicole Mohamed Belassla. La quantité d'huile d'olive consommée par individu algérien demeure «faible» par rapport à la quantité produite localement. Ce constat a été enregistré dans les wilayas les plus productrices comme Bejaïa, Tizi-Ouzou, Jijel et Bouira. Dans les autres wilayas, la quantité d'huile d'olive consommée annuellement est nettement inférieure à 1.5 kg, ce qui place l'Algérie dans les dernières places en matière de consommation de cet aliment aux grandes valeurs nutritives (Belassla, 2019). Ceci est peut être du à sa cherté (800 à 1000 Da/litre d'huile conditionnée et de qualité). Le coût important de la main d'œuvre au moment des récoltes explique en partie le phénomène. A cela, il faut associer la faiblesse de la production locale à cause des pratiques culturales enracinées dans des habitudes sociales ancestrales peu ouvertes à l'innovation (Oulebsir, 2016).

I.4. Les bienfaits thérapeutiques de l'huile d'olive

L'huile d'olive est largement reconnue pour ses effets bénéfiques sur la santé humaine. Sa consommation a été associée à une faible incidence de maladies cardiovasculaires, neurologiques et cancéreuses. Ces bienfaits ont été attribués aux éléments nutritifs et fonctionnels contenus dans l'huile tels que l'acide linoléique, les vitamines, les antioxydants naturels (Tableau IIX) (Matos *et al.*, 2007).

Tableau IIX : Rôles thérapeutiques de certains composés de l'huile d'olive.

Composés	Rôles	Références
Acide oléique	<ul style="list-style-type: none"> - Réduit particulièrement le taux du cholestérol total et le LDL responsable de la formation de l'athérosclérose et augmente le HDL. - Normalise les paramètres membranaires détériorés en cas d'hypertension, en améliorant la fluidité membranaire et l'expression de protéines impliquées dans la régulation de la pression artérielle. 	<p>(Perez et Jimenez <i>et al.</i>, 2007).</p> <p>(Perona <i>et al.</i>, 2010).</p>
Polyphénols	<ul style="list-style-type: none"> - Exercent une activité bactéricide et fongicide. - Réduisent le risque coronarien et normalisent la pression sanguine et prévient l'athérosclérose en agissant comme piègeur de radicaux libres et préservent les LDL de l'oxydation in vitro et leur adhérence aux parois artérielles. - L'oleuropéine et ses métabolites sont dotés de vertus antioxydantes et anti-inflammatoires. Ils pourraient ainsi limiter le stress oxydant, une perturbation métabolique associée à de nombreuses pathologies. 	<p>(Yangui <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>(Al-Rewashdeh, 2010).</p> <p>(Dai <i>et al.</i>, 2008).</p>
EPA (dérivé de l'acide alpha-linolénique)	<ul style="list-style-type: none"> - Améliore la mémoire et donc réduit le risque de maladie d'Alzheimer. 	(Taepavarapruk, 2010).
AGE	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuent significativement le risque du cancer colorectal chez la femme. - Ralentit la prévalence de dépressions nerveuses et la maladie de parkinson. 	<p>(Nkondjock <i>et al.</i>, 2003)</p> <p>(Mercury, 2007).</p>
Chlorophylles	<ul style="list-style-type: none"> - Stimule la multiplication des globules rouges et participent à l'accélération du processus de cicatrisation. 	(Ben Tekaya et Hassouna, 2007).
Composés aromatiques	<ul style="list-style-type: none"> - Dotés d'une activité antimicrobienne. 	(Jacotot, 1993).
Tocophérols	<ul style="list-style-type: none"> - Exercent des effets bénéfiques a l'égard des maladies cardiovasculaires et contre le cancer du poumon, du col de l'utérus et de la prostate. - Jouent un rôle important dans l'augmentation de l'espérance de vie grâce à sa richesse en vitamine E qui joue un rôle biologique positif contre les radicaux libres, molécules impliquées dans certaines maladies chroniques et dans le processus du vieillissement. 	<p>(ShklShklar et Oh, 2000).</p> <p>(Benrachou, 2013).</p>

Stérols	- Les effets anti-tumoraux des phytostérols, et tout particulièrement du β - sitostérol, ont été largement étudiés.	(Boulkroune, 2017).
Pigments	- Les caroténoïdes présentent des propriétés anti-oxydantes et semblent agir comme des agents préventifs contre les maladies cardiovasculaires et des pathologies dégénératives ophtalmologiques.	(Landrum et Bone, 2001).
Les vitamines E, A, D et K	- Sont particulièrement importantes au développement des os chez l'adulte et l'enfant, à travers la fixation des calciférols.	(Sekour, 2012).
Les calories	- Un régime alimentaire contenant de l'huile d'olive favorise la perte de poids, sa consommation à long terme permet ainsi de ne pas récupérer le poids perdu.	(Montpellier, 2019).

Introduction

L'oxydation est un mécanisme qui se produit par plusieurs réactions, ce qui provoque la formation des radicaux libres (agents peroxydants). Elle constitue un facteur majeur pour la détérioration de la qualité de l'huile d'olive (COI, 2011 ; Pristouri *et al.*, 2010 ; Ash *et al.*, 2014).

Ce phénomène d'oxydation se produit non seulement au cours de l'élaboration des huiles mais également à l'intérieur de l'organisme humain. Des réactions qui provoquent la formation de radicaux libres ont lieu en permanence dans l'organisme humain. En général, ces radicaux libres n'entraînent pas de dégâts importants, grâce à l'action protectrice des substances anti-oxydantes qui permettent dans une certaine mesure de maintenir un équilibre. Toutefois, la rupture de cet équilibre provoque un phénomène de «stress oxydatif» (Montpellier, 2019). Ce dernier, n'est pas une maladie en soi mais, il constitue un terrain favorable au développement de pathologies diverses (Defraigne et Pincemail, 2008).

La stabilité de l'huile est influencée par des antioxydants (Benlemlih *et al.*, 2016). Étant la seule huile produite directement à partir d'un fruit, l'huile d'olive conserve un grand nombre de ces substances. En effet, elle est composée d'environ 1.5% d'une fraction insaponifiable constituée d'antioxydants et d'autres composés mineurs qui se trouvent en plus grande proportion dans l'huile d'olive vierge (COI, 2020).

Les antioxydants constituent une vaste catégorie de molécules qui jouent un rôle crucial dans le processus de lutte contre les espèces hautement réactives. Ils permettent de protéger notre organisme contre les radicaux libres et ainsi, l'amélioration de la santé humaine par la prévention de nombreuses maladies tout en diminuant leurs risques (Jean, 2002).

La composition finale de l'huile d'olive vierge est le résultat d'un grand nombre de facteurs qui entrent en vigueur dès la formation de l'huile jusqu'à sa consommation. Certains facteurs montrent d'importants effets sur les concentrations des différents composés modifiant ainsi la stabilité à l'oxydation. Ils peuvent être divisés en trois groupes : ceux qui agissent avant, pendant ou après l'extraction de l'huile (Boulkroune, 2018).

II.1. Radicaux libres et stress oxydatif

II.1.1. Radicaux libres

II.1.1.1. Définition

Les radicaux libres sont des molécules avec un ou plusieurs électrons non appariés dans leurs dernières orbitales qui en font des molécules instables à la recherche d'électrons des molécules voisines (Picón-Pagès *et al.*, 2019). Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont en majorité des espèces radicalaires (Lambert de Malezieu, 2019).

Le paradoxe des ERO est qu'elles constituent des produits potentiellement toxiques du métabolisme et sont en même temps des molécules essentielles à la signalisation et à la régulation cellulaires (Migdal et Serres, 2011).

Les espèces réactives de l'oxygène, incluant les radicaux libres comme le radical hydroxyle ($\text{OH}\cdot$), le radical superoxyde ($\text{O}_2\cdot^-$) et sa forme protonnée ($\text{HO}_2\cdot$), le radical peroxy ($\text{ROO}\cdot$) ainsi que les espèces non radicalaires comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et l'oxygène (O_2), sont produites par divers mécanismes physiologiques à dose raisonnable (Chu *et al.*, 2010) (figure n° 8).

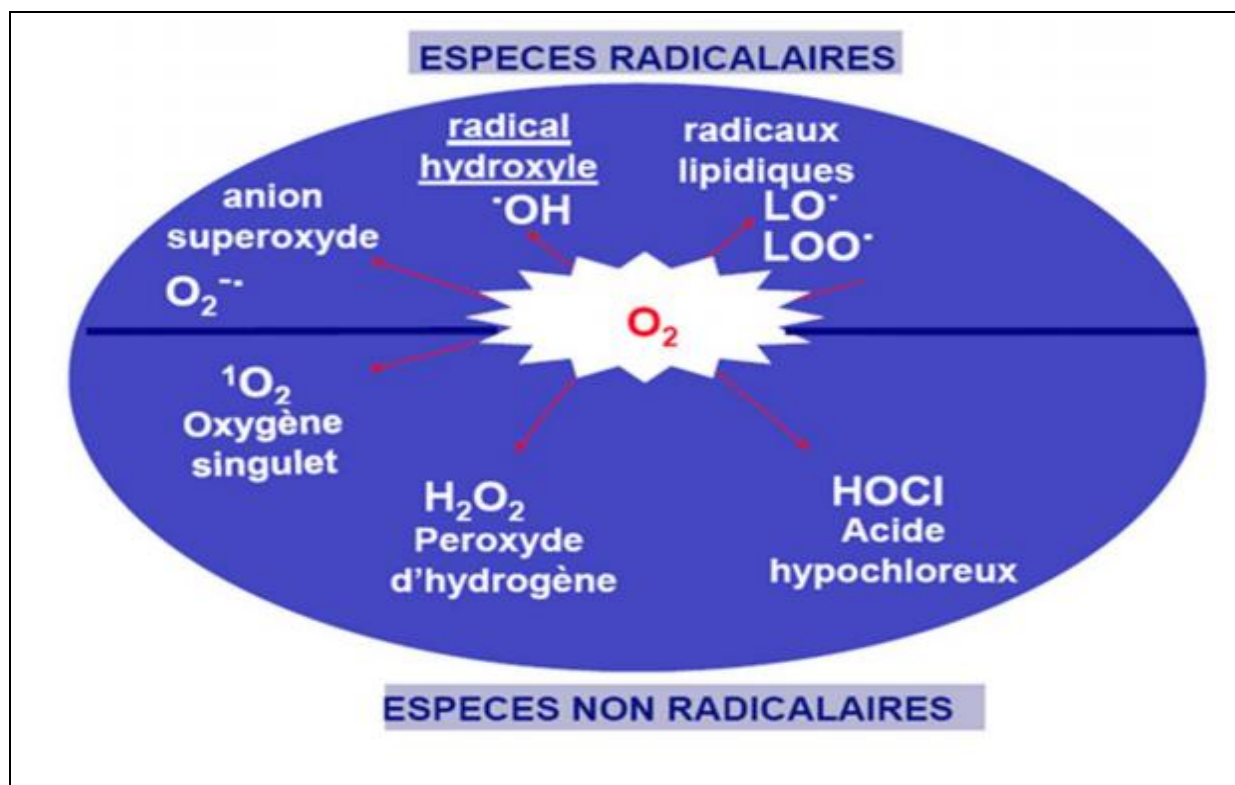


Figure n° 8 : Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO) (Djohan, 2017).

Parmi toutes les espèces radicalaires, il convient de distinguer les radicaux primaires des radicaux secondaires (figure n° 9) (Favier, 2003).

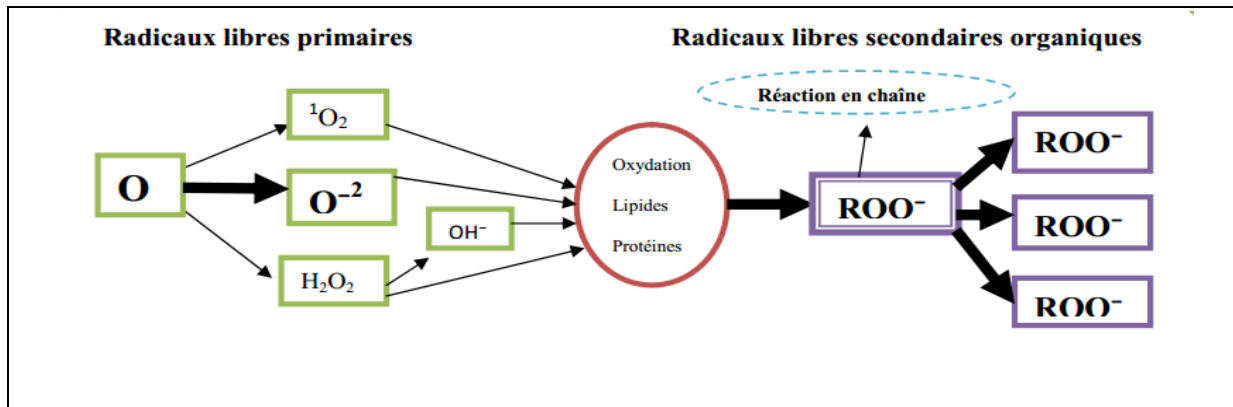


Figure n° 9: Les formes actives de l'oxygène dans la cellule (Lacan, 2001).

➤ Radicaux libres primaires

Ce sont les plus dangereux car ils dérivent directement de l' O_2 par une réaction de réduction (Mongens, 2013). Ce sont le radical superoxyde, le radical hydroxyle, le peroxyde d'hydrogène ou encore l'oxygène singulet.

➤ Radicaux libres secondaires

Ils sont formés spontanément par la réaction des radicaux libres primaires avec des composés biochimiques cellulaires (acides nucléiques, lipides membranaires, protéines) (Mongens, 2013).

II.1.1.2. Origines des espèces réactives de l'oxygène

Il existe deux sources différentes de ces radicaux libres :

➤ Production endogène

- Sources mitochondriales

La chaîne respiratoire mitochondriale, dans laquelle les êtres aérobies puisent leur énergie, joue un rôle capital dans la cellule en couplant l'oxydation de coenzymes transporteurs d'hydrogène ou d'électrons avec la phosphorylation de l'ADP (Adénosine Di Phosphate) en ATP (Adénosine Tri Phosphate). Les conséquences de cette activité mitochondriale sont doubles et paradoxales ; d'une part, la mitochondrie fournit à la cellule une source d'énergie importante puisque 36 molécules d'ATP à haut potentiel énergétique sont générées lors de la réduction de l'oxygène. Par contre, dans les conditions physiologiques, environ 0.4 à 4 %

d'électrons s'échappent et réagissent directement avec l'oxygène dissous dans le cytoplasme donnant naissance à des ERO (figure n°10) (Aurousseau, 2002 ; Haleng *et al.*, 2007).

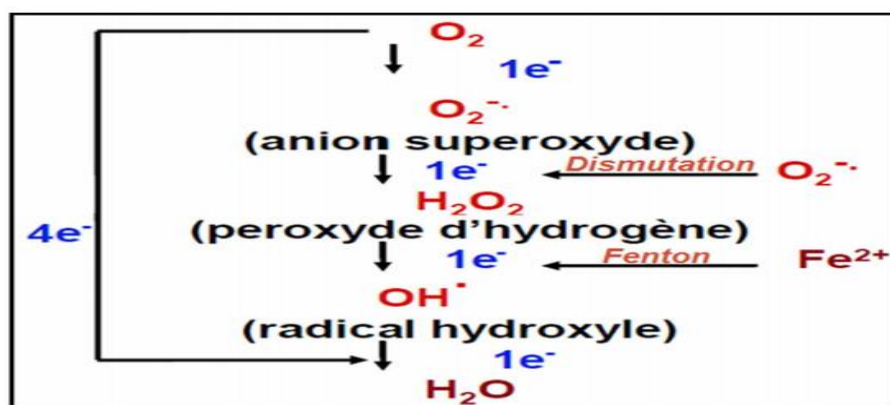


Figure n°10: Formation des Espèces Réactives par réduction de l'oxygène (Djohan, 2017).

- Les monoamines oxydases (MAO)

Ces oxydoréductases utilisent le FAD et l'oxygène comme cofacteurs ce qui a pour conséquence une production importante de H_2O_2 . Les MAO sont présents sur la membrane externe des mitochondries et représentent une source de stress oxydatif importante, notamment dans le cas de la Maladie de Parkinson (MP), particulièrement affectée par la dégradation de la dopamine (Mallajosyula *et al.*, 2008). En effet, la MAO prend en charge la dopamine cytoplasmique pour éviter son oxydation (Ci *et al.*, 2006). Cependant, la transformation de la dopamine libre par la MAO entraîne la formation, en plus du H_2O_2 , du 3,4-dihydrophénylacétaldéhyde (DOPAL) lui aussi réactif (Lambert de Malezieu, 2019).

➤ Formation par voie exogène

Les ERO peuvent être également générées par différents agents non enzymatiques comme les rayonnements UV induisant la synthèse de radicaux libres et des molécules génératrices de radicaux libres (H_2O_2) par l'intermédiaire d'agents photo-sensibilisants, ainsi que les radiations ionisantes (figure n°11). L'ingestion d'alcool ou de médicaments est suivie de la formation de radicaux libres selon divers mécanismes dont les structures peuvent jouer le rôle d'accepteurs et de donneurs d'électron (Fettah, 2019).

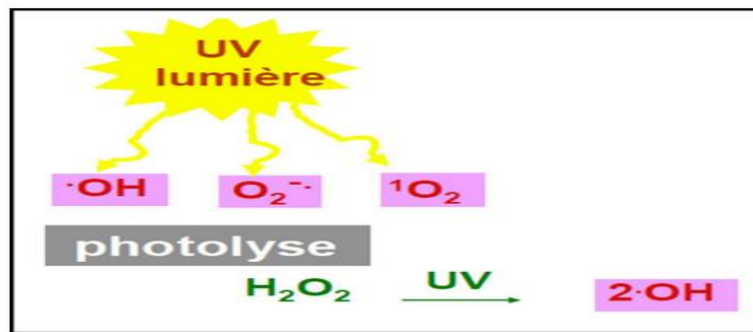


Figure n°11 : Radiation UV de la lumière (Fettah, 2019).

Dans les conditions physiologiques, l'oxygène produit des ERO particulièrement toxiques pour l'intégrité cellulaire. Elles possèdent des propriétés oxydantes qui les amènent à réagir avec leurs environnements chimiques (Desmier, 2016), causant des lésions oxydatives dans les tissus voisins lésant ainsi les acides nucléiques, les lipides, les protéines et les hydrates de carbone (figure n°12) (Berger, 2006 ; Lambert de Malezieu, 2019).

De nombreuses pathologies, impliquant le stress oxydant au cours de leur développement, ont été recensées : la peroxydation des lipides sera à l'origine des maladies cardio-vasculaires (MCV) liées à l'athérosclérose, l'oxydation de l'ADN pourra éventuellement générer des cancers, leur implication dans les processus inflammatoires se manifeste dans diverses pathologies: vasculaires (Diabète, Athérosclérose, Cardiomyopathies), neuro-dégénératives (Alzheimer, Parkinson), rhumatoïdes (Arthrite, Sclérose amyotrophique), broncho-pulmonaires (Asthme, Syndrome respiratoire, Fibroses pulmonaires, Emphysème), gastro-intestinales (Colites, Maladie de Crohn) (Valko *et al.*, 2007; Haleng *et al.*, 2007).

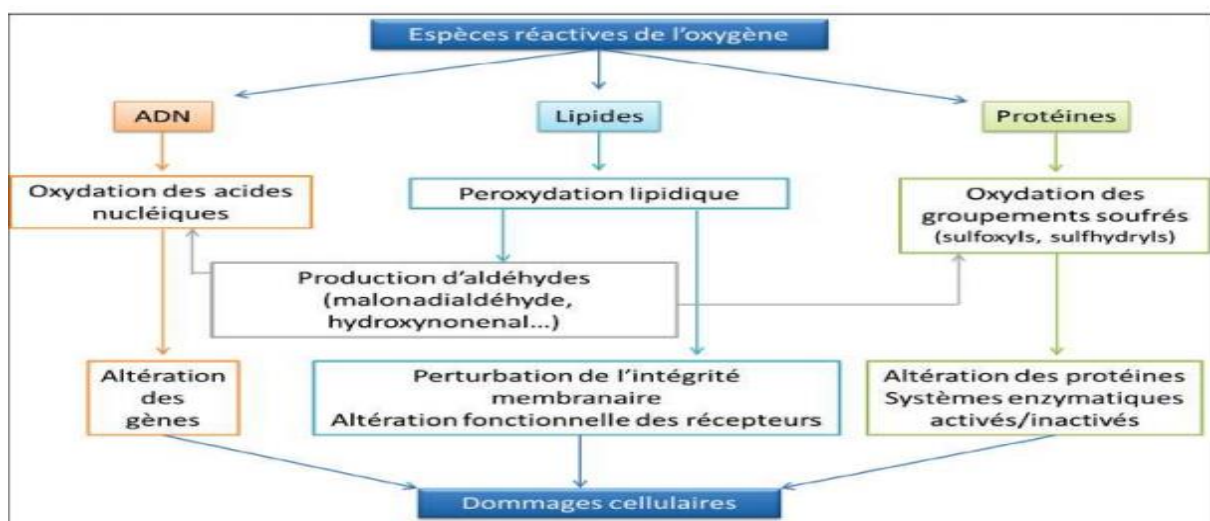


Figure n°12 : Effets des espèces réactives sur l'ADN, les lipides et les protéines (Valko *et al.*, 2007).

II.1.2. stress oxydatif

Le stress oxydant se définit comme étant un processus physiologique ou physiopathologique résultant d'un déséquilibre entre la production des ERO et la capacité anti-oxydante de l'organisme, en faveur des ERO (figure n° 13). Autrement dit, le stress oxydant traduit une incapacité de l'organisme à se défendre contre les ERO (Djohan, 2017).

Initialement, la production endogène des ERO a pour but de défendre l'organisme contre des agents pathogènes (comme les bactéries, virus). C'est le cas de la phagocytose d'une bactérie par un macrophage, le phagosome crée fusionne avec le lysozyme qui contient de nombreuses ERO. La bactérie se trouve en contact direct avec ces espèces hautement réactives, l'agent pathogène sera alors détruit (Desmier, 2016).

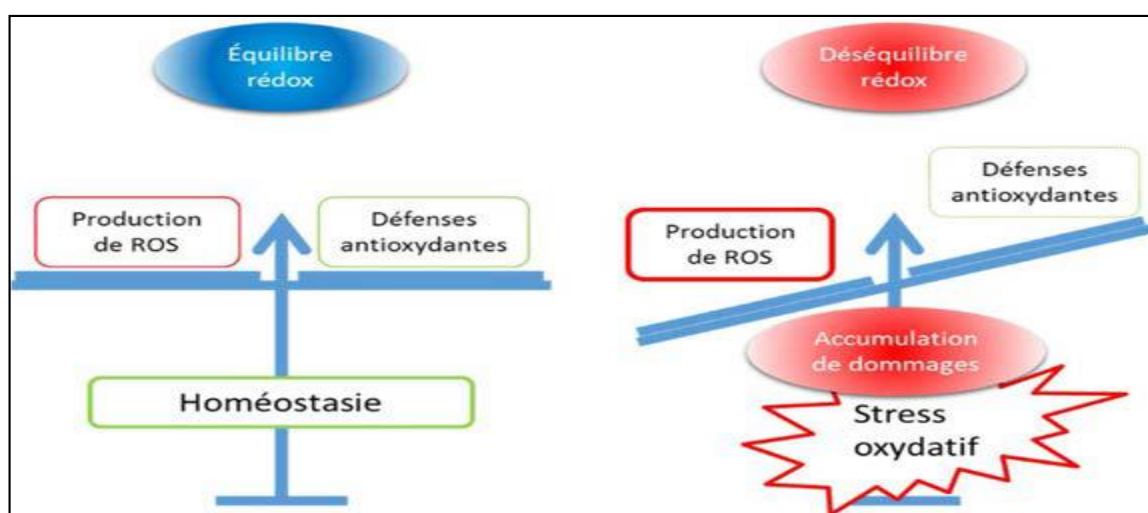


Figure n°13 : Équilibre redox en situation homéostatique et déséquilibre redox en situation pathologique (Lambert de Malezieu, 2019).

Desmier note également que le stress oxydant peut être la conséquence de l'effet de facteurs environnementaux. En effet, la vie moderne confronte notre organisme à des facteurs provoquant une surproduction des ERO telles que la pollution, l'absorption d'alcool ou de médicaments, l'exposition au soleil ou encore le tabagisme. Ceci conduit soit à un affaiblissement de nos défenses antioxydantes soit à la synthèse directe des ERO. En parallèle de ces agressions, la situation s'aggrave du fait d'une alimentation moins saine et moins équilibrée qu'auparavant.

Chaque individu ne possède pas le même potentiel antioxydant. Celui-ci est fonction du mode de vie, des caractéristiques génétiques mais également de l'environnement. Une bonne

hygiène de vie ainsi que de bonnes habitudes alimentaires jouent un rôle primordial dans le maintien d'un potentiel antioxydant optimal (Hybertson *et al.*, 2011).

II.2. Antioxydants

II.2.1. Définition

Un antioxydant est une molécule qui diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques. Il est défini comme « toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat » (Djenidi, 2019). Un antioxydant est une molécule qui est capable de neutraliser les formes actives de l'oxygène et permet de maintenir au niveau de la cellule et de l'organisme des niveaux non cytotoxiques de radicaux libres.

II.2.2. Classification

II.2.2.1. Les antioxydants naturels

Les antioxydants naturels sont divisés en deux grands groupes : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non-enzymatiques d'origine alimentaire (Tableau IX).

Tableau IX : Les deux types de protections anti-oxydantes de l'organisme: les systèmes enzymatiques et nutriments antioxydants (Ghayati, 2019).

Systèmes antioxydants enzymatiques	Systèmes antioxydants non-enzymatiques
Superoxyde dismutase, glutathion peroxydase, catalase, lipases, protéases, endonucléases (éliminent les molécules oxydées), albumine, ferritine (complexent les ions divalents).	Vitamine E, vitamine C, taurine, caroténoïdes (lycopène, lutéine...), polyphénols, minéraux et oligo-éléments.

II.2.2.1.1. Les antioxydants enzymatiques

Cette catégorie présente les enzymes produites par l'organisme humain et ayant une action anti-oxydante telles que la glutathion peroxydase, la catalase et le superoxyde dismutase (Maurent, 2017).

II.2.2.1.2. Les antioxydants non-enzymatiques

Les antioxydants non-enzymatiques sont nombreux et de divers types. Cette catégorie d'antioxydants réduit les radicaux libres par cession d'un atome hydrogène. Pour ce faire, ces antioxydants doivent posséder un pouvoir réducteur inférieur à celui du substrat. Il s'agit

principalement des composés endogènes et exogènes. Ces derniers (vitamines C et E, polyphénols...) sont principalement apportés à l'organisme par l'alimentation. Les antioxydants non-enzymatiques endogènes sont présents dans les cellules, la plupart sont des agents hydrosolubles tels que le glutathion (Ghayati, 2019).

II.2.2.2. Les antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques, vu leur efficacité, leur faible coût et leur disponibilité, sont largement utilisés dans les aliments comme additifs dans le but de prévenir la rancidité. Plusieurs antioxydants synthétiques comme le Butyl Hydroxy Anisole (BHA), le Tertiary Butyl Hydro Quinone (TBHQ), le 2, 4, 5-Tri Hydroxy Butyro Phenone (THBP), le Di-Terbutyl-4-Hydroxy Méthyl Phénol (DTHMP), le Gallate de Propyle (GP), le Gallate d'Octyle (GO) et l'Acide Nor Dihydro Guai Aretique (NDGA), sont utilisés dans les cosmétiques et les huiles végétales (Guo *et al.*, 2006).

Le Trolox, ou acide 6-hydroxy-2, 5, 7, 8-tétraméthylchromane-2-carboxylique, est un analogue de la vitamine E. Il possède un fort potentiel antioxydant et sert souvent d'antioxydant de référence lors des tests biologiques (Vacaresse *et al.*, 2001).

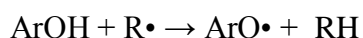
L'excès de ces antioxydants synthétiques peut être toxique, malgré la puissance de leur activité anti-oxydante. En effet, ils sont parfois responsables de mutagenicité et peuvent même présenter un danger pour la santé humaine (Kahouli, 2010).

II.2.3. Mécanisme d'action

Les principaux oxydants dans les milieux biologiques sont les radicaux libres et les métaux de transition. Les antioxydants, principalement les polyphénols, désactivent les radicaux libres via trois mécanismes :

II.2.3.1. Transfert d'atome d'hydrogène

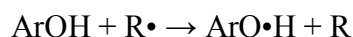
L'antioxydant phénolique agit avec le radical libre par transfert d'un atome d'hydrogène via la rupture homolytique de la liaison O-H



Les produits de cette réaction sont la forme réduite (RH) du radical néfaste, et le radical ArO• (forme oxydée de l'antioxydant). Bien que cette réaction donne naissance à un autre radical libre, celui-ci est moins réactif (Leopoldini, 2011).

II.2.3.2. Transfert mono-électronique d'électron

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



La figure suivante illustre la neutralisation des radicaux libre par transfert d'électron.

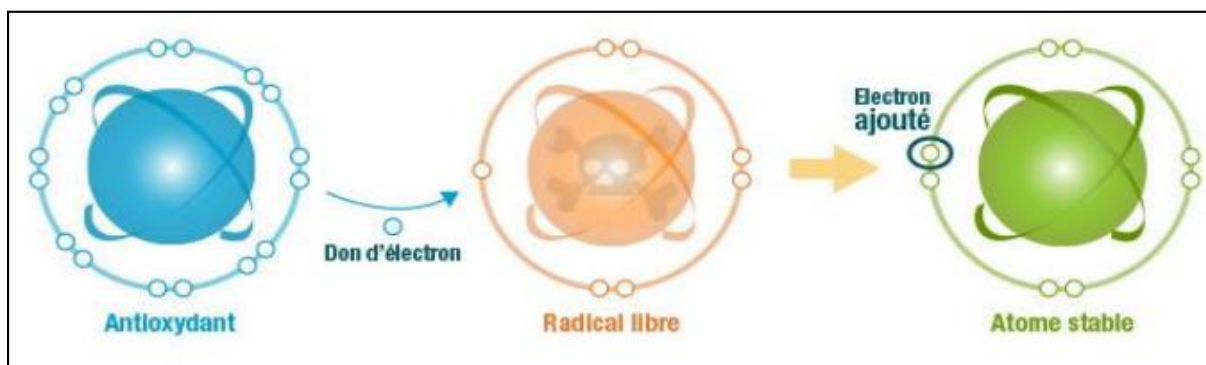


Figure n°14: Action des antioxydants sur les radicaux libres (Laboratoire Nutergia, 2018).

II.2.3.3. Chélation des métaux de transition

Le dommage oxydatif est un processus multiphasique impliquant des étapes d'initiation et de propagation de la chaîne radicalaire. Un mécanisme important de l'action anti-oxydante est la chélation des métaux de transition, empêchant ainsi la catalyse de la décomposition du peroxyde d'hydrogène via la réaction de type Fenton (Yahiaoui, 2019). Il y a trois sites potentiels pour que le métal se lie à la Quercétine.

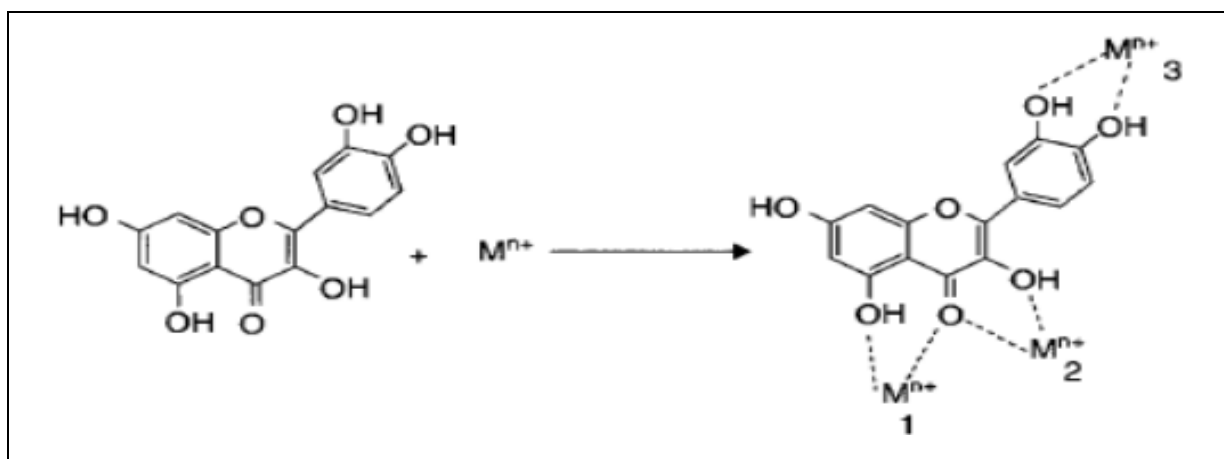


Figure n°15 : Mécanisme de chélation des métaux de transition par la Quercétine (Leopoldini *et al.*, 2011).

II.3. Les antioxydants de l'huile d'olive

II.3.1. La teneur de l'huile d'olive en antioxydants

II.3.1.1. Les tocophérols

Les tocophérols agissent comme des antioxydants en piégeant les radicaux peroxy des acides gras polyinsaturés ou en réagissant avec l'oxygène singulet et d'autres espèces réactives de l'oxygène, l'extinction des ERO se produit par un mécanisme de transfert de charges (Špika *et al.*, 2016). Les tocophérols exercent leur effet antioxydant par de nombreux mécanismes biochimiques et biophysiques. Ils agissent soit comme donneurs d'électrons, retardant la réaction d'oxydation, ou comme accepteurs d'électrons agissant sur l'oxygène singulet, inhibant ainsi l'oxydation induite par ce dernier (Sebei *et al.*, 2007). Une molécule de tocophérol peut protéger environ 10^3 à 10^8 acides gras polyinsaturés à de faibles taux de peroxydes (Špika *et al.*, 2016). L'activité anti-oxydante des tocophérols repose principalement sur l'existence du système de réduction tocophérol- tocophérylquinone (figure n° 16). En effet, une molécule de tocophérol peut réduire deux radicaux lipidiques en formant une molécule de l' α -tocophérylquinone (Sebei *et al.*, 2007). L'activité anti-oxydante des homologues des tocophérols diminue dans l'ordre suivant : $\delta > \beta > \gamma > \alpha$ in vitro, tandis qu'in vivo, c'est-à-dire l'activité de la vitamine E, diminue dans l'ordre suivant : $\alpha > \beta > \gamma > \delta$ (Špika *et al.*, 2016).

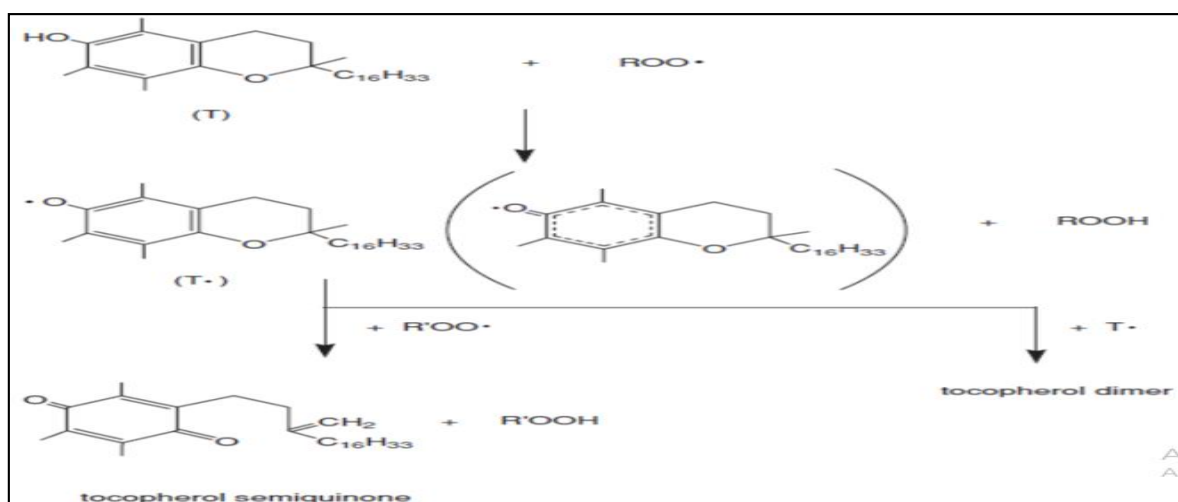


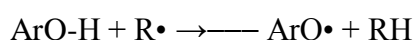
Figure n°16 : Réaction de l' α tocopherol avec le radical lipidique peroxy (R, R'=groupe alkyl) (Choe et Min, 2009).

Exemple de tocophérol : La vitamine E : est un antioxydant majeur liposoluble. C'est un composé amphiphile, capable de s'insérer dans les membranes cellulaires : globules rouges, cellules endothéliales, cellules musculaires, neurones (c'est le seul antioxydant du système nerveux central) (Bouhadjra, 2011).

II.3.1.2. Les composés phénoliques

L'huile d'olive est riche en composés phénoliques qui ont des propriétés anti-oxydantes et ayant la capacité de réduire les risques des maladies cardiovasculaires, notamment les ortho-diphénols comme l'hydroxytyrosol et l'oléuropéine aglycone (Ollivier *et al.*, 2004 ; Essiari, 2014).

Le mécanisme de piégeage des radicaux libres par les polyphénols se fait par le transfert de l'atome d'hydrogène de l'antioxydant (ArO-H) vers le radical (R•) (figure n° 17) (Desmier, 2016).



Le radical ArO• ainsi formé sera stabilisé par délocalisation des électrons, par un nouveau transfert d'atome d'hydrogène conduisant à la formation de quinone ou par réaction avec un autre radical libre (Desmier, 2016).

Les polyphénols jouent un rôle important, ils sont capables d'interagir avec les métaux de transition, notamment avec le fer et le cuivre. En effet les ERO sont produites abondamment par réduction d'O₂ par Fe²⁺ ou Cu⁺ aboutissant à la formation de superoxyde, de peroxyde d'hydrogène et de radicaux oxyle (réaction de Fenton). Ainsi la formation de complexes chélateurs stables et inertes est un mécanisme antioxydant (Desmier, 2016).

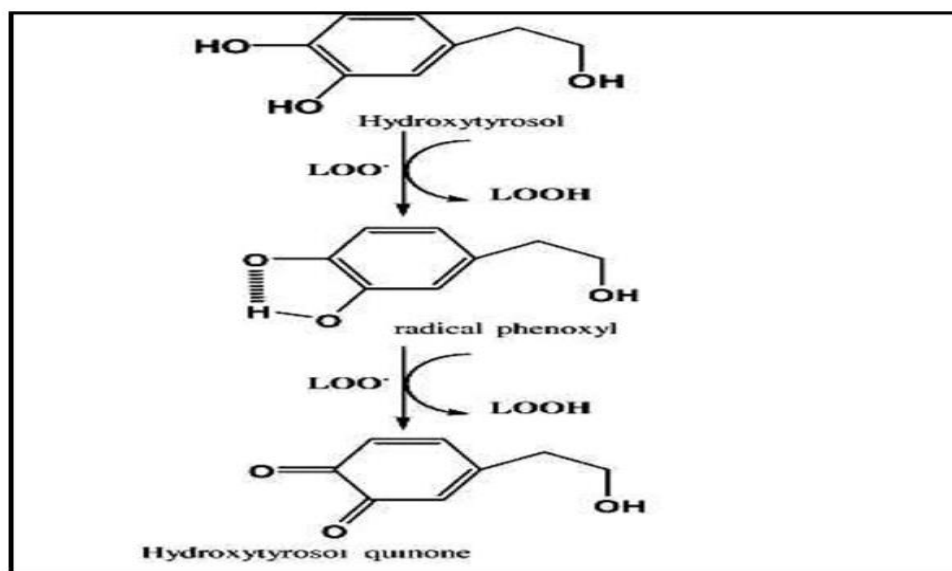


Figure n°17: Mécanisme antioxydant de l'hydroxytyrosol par donation d'hydrogène (Visioli et Galli, 1998).

II.3.1.3. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des substances antioxydantes naturelles liposolubles, le plus important est le β-carotène (Benaziza *et al.*, 2016) qui présente une capacité à désactiver l'oxygène

singulet produit par les chlorophylles, en outre, le β -carotène filtre les longueurs d'onde actives des radiations lumineuses en protégeant ainsi l'huile contre l'activation de l'oxygène par la lumière. Son effet diminue progressivement au cours de l'exposition de l'huile à la lumière (Ben Tekaya *et al.*, 2007).

II.3.1.4 Le squalène

Le squalène joue un rôle important dans l'inhibition de l'oxygène singulet, qui lui confère une activité anti-oxydante durant la photo-oxydation de l'huile d'olive exposée à la lumière (Psomiadou et Tsimidou, 2002).

II.4. Les facteurs influençant la teneur en antioxydants de l'huile d'olive

II.4.1. Facteurs agronomiques et environnementaux

II.4.1.1. Influence de la maturation des olives

Le stade de maturité a une incidence directe sur la qualité de l'huile d'olive, car d'importantes variations chimiques ont lieu pendant la maturation ; ces changements influencent non seulement la qualité, mais aussi les caractéristiques organoleptiques, les caractéristiques nutritionnelles et la stabilité oxydative de l'huile d'olive. En effet, la progression de la maturation des fruits provoque des modifications des processus métaboliques de certains composés tels que les triglycérides, les acides gras, les polyphénols, les tocophérols, les chlorophylles et les caroténoïdes (El Qarnifa *et al.*, 2019). La stabilité de l'huile d'olive à l'oxydation diminue légèrement, en raison de la diminution de la teneur en antioxydants (polyphénols, tocophérols et caroténoïdes) au cours de la maturation (IDDIR, 2020).

II.4.1.2. La variété

La variété de l'olive est l'un des principaux facteurs qui détermine la teneur et le profil en composés phénoliques de l'huile d'olive vierge (Fregapane et Salvador, 2013). Plusieurs travaux de recherche ont signalé que la composition en polyphénols de l'huile d'olive est largement influencée par le cultivar et elle varie selon le patrimoine génétique de ce dernier (Ortega-Garcia et Peragon, 2009 ; Vekiari *et al.*, 2010).

II.4.1.3. L'irrigation

Plusieurs études ont signalé que la fraction phénolique de l'huile d'olive est affectée significativement par le régime d'irrigation appliqué aux oliviers et que le stress hydrique induit l'augmentation des teneurs en composés phénoliques des huiles

(Baccouri *et al.*, 2009). En effet, l'activité de L-phénylalanine ammonia-lyase (PAL) est plus grande sous des conditions de stress hydrique (Laribi, 2015).

II.4.1.4. Le climat et la saison de récolte

Le climat a un impact majeur sur la teneur en composés phénoliques de l'huile d'olive (Butinar *et al.*, 2006). Selon Cimato *et al.* (1992) cités par Visioli et Galli (1998), les olives se développant dans des climats plus chauds, malgré une maturation plus rapide, produisent des huiles qui sont plus riches en phénols (Laribi, 2015).

II.4.1.5. L'altitude

Les huiles issues des oliviers plantés dans des régions de haute altitude sont plus riches en antioxydants et sont par conséquent plus stables que celles issues des régions de basse altitude (Boukroune, 2018).

II.4.1.6. Effet des ravageurs

Les insectes ravageurs ont une action nuisible qui peut intervenir sous différentes formes et notamment par la destruction ou la détérioration des olives. Ces insectes ravageurs peuvent affecter les deux produits de l'olivier : l'huile d'olive et les olives de table.

Les trois types de dégâts observés sont :

- chute prématurée des fruits attaqués ;
- disparition d'une partie de la pulpe ;
- détérioration de la qualité de l'huile (Malheiro *et al.*, 2015).

Des études sur différentes variétés algériennes (Medjkouh *et al.*, 2016) ont montré l'impact négatif de *Bactrocera oleae* sur la qualité des olives et des huiles issues.

II.4.2. Les facteurs technologiques

II.4.2.1. Le système d'extraction de l'huile

La présence des composés phénoliques dans l'huile d'olive est fortement liée aux enzymes endogènes variées du fruit de l'olivier, qui sont libérées dans la pâte d'olive durant le broyage et le malaxage (El Riachy *et al.*, 2011). Leur concentration dans l'huile est fortement affectée par les conditions d'extraction. Le broyage et le malaxage sont les points cruciaux du processus mécanique d'extraction de l'huile d'olive (Fregapane et Salvador, 2013). C'est pendant ces phases que les changements les plus importants de la composition phénolique de l'huile d'olive

vierge se produisent grâce aux différents processus enzymatiques et oxydatifs. Le système d'extraction traditionnel (par pression) a montré une concentration en polyphénols plus élevée par rapport au système de centrifugation (système triphasique) qui additionne une grande quantité d'eau aux pâtes d'olive, ce qui modifie la distribution des polyphénols entre l'huile et l'eau, améliorant ainsi leur libération dans la phase aqueuse (**Laribi, 2015**).

II.4.2.2. Le stockage de l'huile d'olive

Dans les conditions inadéquates de stockage, la température et la lumière influencent le processus de dégradation des biophénols en phénols simples (**Gomez-Alonso et al., 2007**). Ce phénomène est dû à l'hydrolyse des sécoïridoïdes aglycones (**Morello et al., 2004 ; Ben Tekaya et Hassouna, 2005**). **Butinar et al. (2006)** ont relevé une élévation des taux de tyrosol et d'hydroxytyrosol dans les premiers mois de stockage qui était suivi d'une diminution graduelle des taux de l'hydroxytyrosol qui est probablement dû à son activité anti-oxydante.

Les basses températures de stockage (5°C) retardent la disparition des composés phénoliques par rapport à des températures ambiantes de 12°C. De même l'obscurité réduit considérablement le taux de perte de ces biomolécule de l'huile d'olive (**Laribi, 2015**).

II.4.2.3. Influence de la lumière

L'huile d'olive est très exposée à la lumière pendant son séjour dans les supermarchés et les points de vente, ce qui favorise et accélère la dégradation des composés chimiques, tels que les pigments et les composés phénoliques (**Jimenez-lopez et al., 2020**).

Introduction

L'huile d'olive est l'huile la plus stable parmi les huiles végétales en raison de ses propriétés pertinentes, associées au différents types de molécules au pouvoir antioxydant telles que les composés phénoliques (**Diraman et Dibeklioglu, 2009**). Ces derniers sont utilisés dans la caractérisation et l'authentification des huiles en ce qui concerne l'origine géographique et les cultivars (**Konuskan et Mungan, 2016**). Mieux encore, le mode de production très spécifique de cette huile, par simple pression, lui permet de conserver la richesse en composés protecteurs présents dans le fruit, toutefois, cette stabilité est le résultat d'une interaction complexe et multi variée entre le potentiel génotypique, la maturation des fruits, le moment de la récolte, les facteurs environnementaux, agronomique (gestion des vergers, irrigation) et technologique (système d'extraction de l'huile et le stockage). Les concentrations des composants majeurs et mineurs de l'olive peuvent varier indépendamment et peut dépendre de facteurs qui ne sont pas toujours liés entre eux (**Kalogeropoulos et Kaliora, 2015**).

Compte tenu de la complexité des processus d'oxydation et la nature diversifiée des antioxydants, avec des composants à la fois hydrophiles et hydrophobes, il n'y a pas une méthode universelle par laquelle la capacité anti-oxydante peut être mesurée d'une façon bien précise. Par conséquent, ces méthodes peuvent être divisées en différentes catégories suivant les réactions d'oxydoréduction. Parmi ces méthodes on cite ; le pouvoir réducteur, FRAP (Ferric reducing antioxidant power), TEAC (Trolox équivalent antioxidant capacity) et ABTS (2,2-azinobis 3-ethyl-benzothiazoline 6-sulphonate) et DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) (**Georgieva et al., 2010**).

Dans ce chapitre, nous avons procédé à une comparaison de la teneurs en différents antioxydants de plusieurs variétés d'huile d'olive provenant de différents pays, ayant déjà fait objet d'études précédentes, à savoir les variétés Italiennes : *Bosana* et *Semidana* (**Tuberoso et al., 2016**), les variétés Espagnoles : *Hojiblanca* et *Arbequina* (**Borges et al., 2019**), les variétés Tunisiennes : *Chemlali* et *Chétoui* (**Issaoui et al., 2010**) et les variétés Algériennes : *Chemlal* et *Blanquette de Guelma* (**Deflaoui et al., 2019**). L'objectif consiste à la détermination des taux de certaines molécules bioactives (phénols totaux, ortho-diphénols, flavonoïdes, pigments, le Rancimat) et leurs relations avec l'activité anti-oxydante des extraits et déduire ainsi, l'effet de certains facteurs évoqués précédemment qui sont susceptibles d'améliorer ou de corrompre ce pouvoir antioxydant.

I. Méthodes utilisées

I.1. Mesure de la teneur en molécules bioactives contenues dans l'huile d'olive

I.1.1. Méthodes d'extraction des polyphénols

Les méthodes d'extraction utilisées dans les travaux résumés consistent à utiliser deux protocoles distincts : extraction liquide-liquide. Pour l'étude effectuée par Deflaoui, la méthode d'extraction par ultra-sons est utilisée.

➤ Extraction liquide-liquide

Un échantillon d'huile est dissout dans l'hexane. La mixture obtenue est mélangée avec le méthanol. L'extrait méthanolique est récupéré et sert aux différents dosages (**Papoti et Tsimidou, 2009**).

➤ Extraction assistée par ultra-sons

La méthode consiste à utiliser des ultra-sons pour l'extraction des polyphénols initialement mélangés dans un solvant (méthanol) (**Tahouo, 2016**).

I.1.2. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est effectué par la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, ce dernier est un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) de couleur jaune. Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Brat et al., 2006**).

La méthode utilisée pour le dosage des polyphénols totaux est celle de **Borzillo et al. (2000)**. Les concentrations en polyphénols totaux des extraits méthanoliques d'huile d'olive sont exprimées en mg équivalent acide gallique (EAG)/Kilogramme d'huile d'olive.

I.1.3 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 est déterminée suivant la méthode de **Bendini et al. (2003)**. L'absorbance est mesurée à 370 nm. Les concentrations en ortho-diphénols des échantillons sont déterminées à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide caféique comme standard et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide caféique/kg d'huile (mg d'EAC/Kg).

I.1.4. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode au trichlorure d'aluminium décrite par **Kevers *et al.* (2007)**. Le dosage des flavonoïdes est basé sur leurs propriétés chélatrices, ils possèdent une fonction 4-céto-5-hydroxyle pouvant interagir avec les ions Al^{+3} (**Apak *et al.*, 2007**), entraînant ainsi la formation d'un complexe rose (**Beddou, 2015**). L'absorbance est mesurée à 430 nm et les valeurs sont exprimées en mg Equivalent Quercétine (EQ)/kg en se référant à une courbe d'étalonnage.

I.1.5. Mesure des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

Les chlorophylles et les caroténoïdes sont déterminés selon **Minguez-Mosquera *et al.* (1991)**. Les échantillons d'huile sont dissous avec du cyclohexane. L'absorbance est mesurée à 670 et 470 nm, respectivement. Les résultats obtenus sont exprimés en mg de phéophytine et de lutéine par kg d'huile, respectivement (**Borges *et al.*, 2017**). Ainsi, la teneur en pigments est déterminée par les formules suivantes :

$$\text{Chlorophylle (mg/kg)} = A_{670} \times 10^6 / 613 \times 100 \times T$$

$$\text{Caroténoïdes (mg/kg)} = A_{470} \times 10^6 / 2000 \times 100 \times T$$

Où :

A : absorbance.

T : trajet optique (épaisseur de la cuve 1 cm).

I.1.6. Mesure de la stabilité oxydative

La stabilité à l'oxydation est évaluée par la méthode au Rancimat. La stabilité est exprimée par le temps d'induction d'oxydation (h), mesurée avec l'appareil Rancimat, en utilisant un échantillon d'huile de 3 g réchauffé à 120° C et un débit d'air de 20 L/ h (**Issaoui *et al.*, 2010**).

I.2. Détermination de l'activité anti-oxydante et anti-radicalaire

I.2.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur mesure la capacité d'une molécule anti-oxydante 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 $K_3[Fe(CN)_6]$. Ceci se traduit par le virage de la couleur jaune de ferricyanure de potassium vers une couleur bleu vert dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur de

l'antioxydant (Laribi, 2015).

Le pouvoir réducteur de l'huile d'olive est déterminé par la méthode décrite par Deflaoui *et al.* (2019), en utilisant le chlorure de fer. L'absorbance est mesurée à 700 nm. Les résultats sont exprimés en mg EAG par 100g d'échantillons.

I.2.2. Activité anti-radicalaire sur le DPPH

La technique au DPPH est largement employée pour évaluer l'activité anti-oxydante. Elle est rapide et facile à mettre en œuvre comparée à d'autres méthodes, elle s'effectue à température ambiante ce qui permet de préserver les molécules testées de l'éventuelle dégradation thermique (Laribi, 2015).

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (α,α -diphényl- β picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydant des composés phénoliques (Popovici *et al.*, 2010). Depuis, certaines modifications ont été apportées et un paramètre important a été introduit : la détermination de la IC50 définie comme étant la concentration en substrat entraînant une diminution de 50% de l'absorption. A cette concentration, 50 % du DPPH est sous forme réduite. Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphényl-picrylhydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphényl-picrylhydrazine, dont l'intensité de couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu réactionnel (Medjkouh *et al.*, 2017).

L'inhibition des radicaux libres DPPH (I%) est calculée selon l'équation suivante :

$$I\% = [(A_{\text{blanc}} - A_{\text{échantillon}}) / A_{\text{blanc}}] \times 100$$

Où :

A **blanc** : absorbance de la réaction du contrôle (contenant de tous les réactifs sauf l'extrait) ;

A **échantillon** : absorbance de l'extrait testé.

La concentration du composé testé, qui fournit 50% d'inhibition (IC50, exprimée en $\mu\text{g ml}^{-1}$) est calculée à partir du graphe tracé pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration en extrait.

La quantité en antioxydants ayant une activité anti-radicalaire est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisé avec l'acide gallique comme standard et les résultats sont exprimés en mg d'EAG/kg d'huile.

I.2.3. Pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP)

La méthode FRAP est basée sur la réduction de l'ion ferrique (Fe^{3+})/ complexe ferricyanide en sa forme ferreux (Fe^{2+}) (**Medjkouh *et al.*, 2017**), provoquée par la présence des réducteurs (AH) dans les extraits d'huiles d'olive. Par conséquent, le Fe^{2+} peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu cyanée dans le milieu réactionnel à 700 nm (**Chung *et al.*, 2002**). Les résultats du test sont exprimés en unités différentes, en mmol Fe^{2+} /kg ou mmol TEAC/kg.

I.2.4. Activité anti-radicalaire sur l'ABTS

L'activité anti-radicalaire sur l'ABTS est un test basé sur la neutralisation d'un radical cation $\text{ABTS}^{\bullet+}$, (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline)-6-sulfonique), qui présente un spectre d'absorption dans le visible avec trois maxima à 645, 734 et 815 nm (**Belkheiri, 2010**). En réagissant avec le persulfate de potassium ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), l'ABTS forme le radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$, de couleur bleu à verte. La présence d'un antioxydant réduira ce radical et provoquera la décoloration du mélange.

La décoloration du radical mesurée par spectrophotométrie à 734 nm est proportionnelle à la concentration en antioxydant (**Chaalal *et al.*, 2013**). Le radical cationique $\text{ABTS}^{\bullet+}$ est formé par arrachement d'un électron (e^-) à un atome d'azote de l'ABTS. En présence d'un antioxydant donneur de H^{\cdot} , conduisant à l' $\text{ABTS}^{\bullet+}$, ce qui entraîne la décoloration de la solution (**Medjkouh *et al.*, 2017**).

Le Trolox (acide 6-hydroxy-2,5,7,8-tétraméthylchroman-2-carboxylique), dont la structure moléculaire cyclique est similaire à celle de la vitamine E, est utilisé comme standard et le résultat final est exprimé en mg d'équivalent Trolox/Kg d'huile en se référant à une courbe d'étalonnage.

II. Discussions des résultats

II.1. Molécules bioactives contenues dans l'huile d'olive

II.1.1. Les polyphénols totaux

La présence de phénols dans les huiles d'olive est importante en raison de leur forte activité anti-oxydante. Ils sont considérés comme molécules responsables de la durée de conservation des huiles ainsi que leur goût amer et piquant typique. Par conséquent, la détermination des phénols est essentielle (**Arslan et Ok, 2019**).

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

Le tableau X représente la teneur en phénols totaux exprimés en mg EAC/kg pour les variétés espagnoles (**Borges et al., 2017**), en mg EAG/kg pour les variétés Italiennes (**Tuberoso et al., 2013**), Algériennes (**Favati et al., 1994**) et en mg E de 3,4 de dihydroxyphényléthanol par kg (E 3,4-DHPEA) pour les variétés Tunisiennes (**Montedoro et al., 1992**). Les valeurs obtenues, d'après ces études, varie entre 172 et 2226 mg du standard/kg.

Tableau X : Teneurs en composés phénoliques totaux, flavonoïdes et ortho-diphénols des huiles.

origine	Variétés Italiennes (mg EAG/kg)		Variétés Espagnoles (mg EAC/kg)	
variété	<i>Semidana</i>	<i>Bosana</i>	<i>Hojiblanca</i>	<i>Arbequina</i>
Polyphénols totaux	179.73	335.2	367	222
Ortho-diphénols	nd	nd	nd	nd
Flavonoïdes	4.4	3.6	4.5	7.4
origine	Variétés Algériennes (mg EAG/kg)		Variétés Tunisiennes (mg E 3,4-DHPEA /kg)	
variétés	<i>Chemlal</i>	<i>Blanquette de Guelma</i>	<i>Chemlali</i>	<i>Chétoui</i>
Polyphénols totaux	979.629	2225.856	172.5	551.1
Ortho-diphénols	156.821	675.206	133.6	264.9
Flavonoïdes	nd	nd	nd	nd

nd : non déterminé

Les huiles des variétés Algériennes *Chemlal* et *Blanquette de Guelma* étudiées par **Deflaoui et al. (2019)** enregistrent les valeurs les plus élevées comprises entre 979 et 2226 mg EAG/kg, ces valeurs sont différentes de celle trouvée par **Soufi et al. (2018)** avec une valeur de 221.3 mg/kg pour la variété *Chemlal* récoltée la même année (2014) et dans la même région (Béjaia). Cela est, peut être, dû soit à la température de stockage des fruits, soit à la durée de stockage de l'huile. Ces deux paramètres ont une importante influence sur la teneur en ces composés bioactifs, en effet, **Bubola et al. (2020)** ont déduit que le stockage à 4°C permet de conserver la plupart des composés phénoliques à un niveau plus proche de celui de l'huile fraîche par rapport aux autres traitements (à -20°C). De leur part, **Gargouri et al. (2015)** ont constaté que les valeurs en polyphénols diminuent pendant le stockage.

Ces valeurs sont très élevées comparativement à la variété Tunisienne *Chétoui* (551.1 mg 3,4-DHPEA/kg) et très importantes en les comparant à la variété Italienne *Bosana* (335.2 mg/kg)

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

et la variété espagnole *Hojiblanca* (367 mg EAC/kg) alors que, les autres variétés présentent les valeurs les plus faibles (179.37 mg EAG/kg, 222 mg EAC/kg et 172.5 mg 3,4-DHPEA/kg) pour les variétés *Semidana*, *Arbequina* et *Chemlali* respectivement. Ainsi les teneurs enregistrées par **Konuskan et Mungan, (2016)** chez les variétés Turques sont en corrélation avec celles enregistrées pour les variétés Italiennes avec des valeurs comprises entre 188.42 et 322.13 mg EAG/kg pour les variétés *Gimlik* et *Halhali*, respectivement, hors que celles enregistrées par **Sicari et al. (2020)** sont légèrement supérieures avec des teneurs de 392.92 et 452.44 mg/kg pour la variété Italienne *Coratina* et *Ottobratica*, respectivement.

Les différences enregistrées dans les teneurs totales en phénols peuvent être dues à plusieurs paramètres ; il a été montré que la concentration en phénols totaux est positivement corrélée avec l'altitude allant de 291.0 mg/kg (pour l'altitude 115m) à 890.1 mg/kg (pour l'altitude 820m) (**Mele et al., 2018**). Un autre paramètre s'avère crucial, c'est l'influence de l'âge de l'arbre. Cela est prouvé par **Rouas et al. (2016)** qui ont conclu que les oliviers âgés de 30 à 50 ans présentaient le taux de phénol le plus élevé par rapport aux arbres âgés de 10 à 30 ans dans le Cultivar Marocain *Picholine*.

De leur part, **Monaco et al. (2015)** ont montré de grandes variations en fonction des variétés, de stade maturation et la région géographique.

En fin, **Sena-Moreno et al. (2017)** ont signalé que le stress hydrique appliqué aux oliviers influence les phénols de la pâte d'olives et par conséquent dans leur huiles.

II.1.2. Les ortho-diphénols

Les ortho-diphénols sont présents en quantités abordables dans les huiles d'olive extra vierges alors que dans les huiles d'olive en quantités négligeables. Il est intéressant de noter que la plus forte teneurs en activité anti-oxydante des polyphénols est généralement attribuée aux ortho-diphénol (**Rojas et al., 2017**).

En comparant les résultats obtenus par **Delfaoui et al. (2016)** et ceux obtenus par **Issaoui et al. (2010)** (tableau X) sur les variétés Algériennes et Tunisiennes, on déduit que la variété Algérienne *Blanquette de Guelma* se démarque par rapport aux autres variétés avec la plus grande valeur de 675.206 mg EAG/kg, ces concentration sont similaires à celles enregistrées dans l'huile de Matmata (626.97mg/kg) (**El-Gharbi et al., 2018**), tandis que les autres variétés *Chemlal*, *Chemlali* et *Chétoui* présentent des teneurs moyennes (156.821mg EAC/kg, 133.6, 264.9 mg 3, 4-DHPEA E /kg respectivement), ces valeurs sont inférieures à celles

enregistrées par **Montano et al. (2016)** pour les variétés Espagnoles *Morisca* et *Cornicabra* avec des teneurs de 329 et 339.3 mg/kg. La teneur en ortho-diphénols enregistrée pour les échantillons de la variété *Chemlal* de Béjaia est relativement supérieure à celles indiqués par **Louaileche et al. (2015)** qui ont obtenu des teneurs variant entre 13.60 mg EAC/kg pour *Chemlal* de Skikda et 30.99 mg EAC/kg pour *Chemlal* de Biskra.

La teneur en ortho-diphénols est influencée par la variété et la maturité des olives (**Laincer et al., 2014**), ainsi que le sol puisque les teneurs en ortho-diphénols des huiles diminuent pour les traitements de fertilisation (**Romero et al., 2016**).

II.1.3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes principalement l'apigénine et la lutéoline font partie des composés phénoliques de l'huile d'olives, mais en petite portion (**Becerra-Herrera et al., 2018**), ayant une forte corrélation avec l'activité anti-oxydante, et par conséquent, stabilisation et neutralisation des radicaux libres (**Prabha et Vasantha, 2011**). Ils ont aussi une activité chélatrice des métaux tels que le Cuivre et le Fer, qui sont considérés comme catalyseurs d'oxydation lipidique. Les résultats du dosage des flavonoïdes sont représentés dans le tableau X.

Les résultats montrent que la variété *Arbequina* se distingue des autres par sa teneur la plus élevée en flavonoïdes qui est de 7.4 mg EAC/kg. *Semidana* et *Hojiblanca* présentent des valeurs plus au moins similaires (4.4 et 4.5 mg/kg) respectivement. Alors que la valeur la plus faible est attribuée à *Bosana* avec une teneur de 3.6 mg EAG/kg. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Mansouri et al. (2018)**, où les variations enregistrées allant de 7.83 à 16.64 mg EAG/kg pour des huiles Marocaines. Cependant, les résultats trouvés par **Tamendjari et al. (2014)** pour les huiles Algériennes sont remarquablement supérieurs allant de 10 mg EAG/kg pour la variété *Limli* jusqu'à 44 mg EAG/kg pour *Aghenfas*. On peut déduire ainsi que la faible teneur en flavonoïdes des huiles étudiées est peut être lié à l'attaque des olives par la mouche *Bactocera oleae*, considérée comme principal ravageur des oliviers particulièrement dans les olives en un stade de maturité avancé (**Medjkouh et al., 2016**).

D'après **Mansouri et al. (2018)**, les teneurs des flavonoïdes ne dépassent pas 15% de la composition phénolique totales de l'huile d'olives. Elles présentent ainsi une corrélation positive avec la teneur en composés phénoliques (**Prabha et Vasantha, 2011**). La différence dérisoire de la teneur en flavonoïdes entre *Semidana* et *Hojiblanca* peut être justifiée par la

similitude du système d'extraction. En effet, des études antérieures ont montré que les flavonoïdes sont positivement influencés par le système d'extraction (méthode traditionnelle ou moderne). Leurs teneurs diminuent significativement au cours de la trituration. De plus, les concentrations en ces métabolites sont influencées négativement par les températures élevées lorsqu'il s'agit d'une extraction type moderne (Vidal *et al.*, 2018).

II.1.4. Les pigments (chlorophylles et caroténoïdes)

La teneur totale en pigments est un paramètre de base pour l'évaluation de la qualité de l'huile d'olive. Par ailleurs, les pigments sont impliqués dans les mécanismes d'auto-oxydation et photo-oxydation (Jihed *et al.*, 2016). La présence des caroténoïdes en quantité suffisante dans l'huile permet de retarder le phénomène de la photo-oxydation et de préserver les paramètres de qualité de l'huile au cours du stockage (Lazzez *et al.*, 2006). Quant aux chlorophylles ce sont des photosensibilisateurs, en présence de lumière, ils passent de leur état singulet fondamental à un état singulet excité puis à un état triplet excité métastable. Ces pigments ont alors tendance à revenir à l'état singulet fondamental en transformant l'oxygène atmosphérique en oxygène singulet très réactif (Ben Tekaya et Hassouna, 2007). L'action photo catalytique des pigments chlorophylliens croît avec leur concentration, d'où l'intérêt de produire des huiles d'olive vierge à partir d'olives mûres et de procéder au défeuillage lors de l'extraction de l'huile (Benrachou, 2013).

Tableau XI : Teneurs en pigments (chlorophylles et caroténoïdes) des huiles d'olives des variétés Italiennes, Espagnoles et Tunisiennes.

Origine	Pigments (mg/kg)		
	Variétés	Chlorophylles	Caroténoïdes
Italie	<i>Semidana</i>	6.5	20.9
	<i>Bosana</i>	10.8	26
Espagne	<i>Hojiblanca</i>	1.24	3.74
	<i>Arbequina</i>	3.86	2.2
Tunisie	<i>Chemlali</i>	8.8	3.7
	<i>Chétoui</i>	17.3	8.4

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

Le tableau XI représente les teneurs en chlorophylles et caroténoïdes (mg/kg) des variétés Italiennes (*Semidana* et *Bosana*), Espagnoles (*Hojiblanca* et *Arbequina*) et variétés Tunisiennes (*Chemlali* et *Chétoui*) respectivement. Les valeurs varient entre 1.24 et 17.3 mg/kg pour les chlorophylles. Pour les caroténoïdes les teneurs varient entre 2.2 et 26 mg/kg.

Les teneurs pour *Hojiblanca* (1.24 et 3.74 mg/kg) et *Arbequina* (3.86 et 2.2 mg EAC/kg), ne sont pas en accord avec celles trouvées par **Tuberoso et al. (2016)** pour *Semidana* (6.5 et 20.9 mg/kg) et *Bosana* (10.8 et 26 mg/kg), et celles obtenues par **Issaoui et al. (2010)** pour *Chemlali* (8.8 et 3.7 mg/kg) et *Chétoui* (17.3 et 8.4 mg/kg), respectivement pour les chlorophylles et caroténoïdes, ceci peut être lié au stade de maturité des olives (c'est-à-dire que l'échantillonnage a été effectué à un stade tardif). Néanmoins, aucune différence en caroténoïdes entre les variétés *Chemlali* et *Hojiblanca*. Cette dernière, possède éventuellement la plus faible quantité en chlorophylles (1.24 mg/kg). Cette faible teneur est désirée pour éviter l'action pro-oxydante des pigments chlorophylliens et pour assurer ainsi une bonne conservation des huiles car l'huile d'olives particulièrement riche en chlorophylles est plus sensible à l'oxydation (**Boulfane et al., 2015**).

Semidana et *Bosana* ont enregistré les valeurs les plus élevées en caroténoïdes (20.9 et 26 mg/kg), qui peuvent être attribuées au facteur variétal (**Rodrigues et al., 2018**) et stade de maturation (**Laribi et al., 2011**) considéré comme facteurs critiques. ainsi que l'âge des oliviers (**Hilali et al., 2020**). On ajoute à cela, les teneurs en pigments de ces deux variétés qui sont supérieures à celles trouvées par **Šarolić et al. (2014)** pour les variétés Croates. Quant à *Chétoui*, elle s'est démarquée en ayant la plus haute teneur en chlorophylles (17.3 mg/kg), qui est lié probablement à la filtration (**Shendi et al., 2020**). Les huiles non filtrées ont des teneurs en chlorophylles plus élevés que celles des huiles filtrés, cette différence peut s'expliquer par l'élimination au cours de filtration du reste des débris de fruits d'olive qui contient les chloroplastes. En plus, ce résultat indique l'efficacité de procédé d'effeuillage.

Les deux variétés Tunisiennes présentent des différences assez étroites, cela peut s'expliquer par l'influence de la localisation géographique ainsi que le facteur de précipitation (**Becerra-Herrera et al., 2018**) des cultivars indiquant que *Chétoui* provenant de la région nord et plus riche en pigments que *Chemlali* de sud de la Tunisie. Cependant, toutes les variétés évoquées précédemment sont plus riches en pigments que la variété *Chemlali* étudiée par **Jihed et al. (2016)** (0.4 et 0.88 mg/kg respectivement pour caroténoïdes et chlorophylles). Cette variation peut être attribuée à la nature du sol, sa texture, son pH (les sols acides ne conviennent pas à

la plantation d'olivier) et sa composition chimique (Tombesi et Tombesi, 2007 ; Belguerri, 2016). En effet, on peut aussi parler dans ce cas de la fréquence d'irrigation (Ammar *et al.*, 2017), ce facteur varie en fonction de la nature du sol et du climat, il stimule l'activité végétative, favorise l'assimilation des éléments fertilisants et assure des production de haut niveau.

II.1.5. La stabilité oxydative

La stabilité oxydative est l'un des paramètres les plus importants pour estimer la qualité de l'huile d'olive. Le test de stabilité oxydative évalue le degré de susceptibilité d'une huile à l'oxydation (Zarrouk *et al.*, 2008). La méthode officielle pour mesurer ce paramètre est la méthode au Rancimat qui permet la détermination de l'indice de stabilité de l'huile. Plusieurs études ont été effectuées sur la stabilité des huiles. Le tableau XII récapitule quelques résultats.

Tableau XII: La stabilité oxydative des huiles d'olive des variétés Tunisiennes exprimée en temps d'induction d'oxydation (h).

Variétés	<i>Chemlali</i>	<i>Chétoui</i>
Stabilité oxydative(h)	2.5	12.7

La variété *Chétoui* du nord tunisien présente une meilleure stabilité (12.7 h) par rapport à l'huile de *Chemlali* (2.5 h). Cette dernière présente une stabilité inférieure à *Chemlali* étudiée par Chtourou *et al.* (2013) avec un temps d'induction de 6.82 h. d'après ces résultats, on constate que les huiles Tunisiennes sont moins stables par rapport aux huiles Turques des variétés *Memecik* et *Gemlik* (13.86 h et 15.82 h respectivement) (Köseoğlu *et al.*, 2016). Ces résultats démontrent l'influence de l'ensemble des caractéristiques d'une région géographique donnée. La différence en stabilité oxydative observée selon la localisation des cultivars peu être expliquée par leurs profils en antioxydants. La variété provenant de la région nord (*Chétoui*), a en effet une teneur importante en polyphénols. Issaoui *et al.* (2010) ont révélé aussi qu'une forte teneur en acide oléique contribue favorablement à la stabilité. Cependant, Oueslati *et al.* (2009) ont trouvé une stabilité de 81.4 h pour *Chemlali*, cette différence hautement significative avec les variétés précédentes peut être expliqué par la qualité médiocre des olives endommagées par la grêle (Morelló *et al.*, 2003 ;

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

Kalogeropoulos et Kaliora, 2015), qui provoque la diminution des AGPI influençant en conséquence leur stabilité.

Dans une étude menée par **Kamvissis et al. (2008)**, la méthode photométrique CDR OxiTester pour la détermination des polyphénols/indice de stabilité de l'huile d'olive a été validée et comparée avec la méthode au Rancimat. Ce système d'analyse simple et rapide s'est avérée être une bonne alternative à la méthode au Rancimat. En effet, l'expertise souligne un aspect innovant de l'instrument CDR OxiTester par rapport à la méthode au Rancimat, qui est la capacité de déterminer les qualités organoleptiques de l'huile, dans la mesure où le résultat de l'analyse est bien corrélé à la concentration de polyphénols totaux présents dans le produit et ceci dans des délais extrêmement réduits. Le principe de ce test décrit que les polyphénols, au contact d'un complexe coloré en solution alcoolique, s'oxydent et décolorent ce même complexe. La décoloration, mesurée à 505 nm, est directement proportionnelle à la concentration de polyphénols dans l'échantillon.

II.2. Activités anti-oxydantes et anti-radicalaires

Les résultats de la détermination de l'activité anti-oxydante et anti-radicalaire de quelques huiles d'olives sont résumés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Activité anti-oxydante et anti-radicalaire de différentes variétés d'huiles d'olives étudiées.

DPPH					
Italie		Espagne		Algérie	
<i>Semidana</i> (mmol TEAC/kg)	<i>Bosana</i> (mmol TEAC/kg)	<i>Hojiblanca</i> (mmol TEAC/kg)	<i>Arbequina</i> (mmol TEAC/kg)	<i>Chemlal</i> (mmol EAG/kg)	<i>Blanquette de Guelma</i> (mmol EAG/kg)
0.29	1.17	0.70	0.93	14.83	16.69
FRAP (mmol TEAC/kg)					
Italie			Espagne		
<i>Semidana</i>	<i>Bosana</i>	<i>Hojiblanca</i>	<i>Arbequina</i>		
0.99	2.38	3.44	0.98		

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

ABTS (mmol TEAC/kg)							
Italie		Espagne		Algérie		Tunisie	
<i>Semidana</i>	<i>Bosana</i>	<i>Hojiblanca</i>	<i>Arbequina</i>	<i>Chemlal</i>	<i>Blanquette de Guelma</i>	<i>Chemlali</i>	<i>Chétoui</i>
0.34	1.19	0.73	0.48	0.25	0.44	0.12	0.74
Pouvoir réducteur (mg EAG/kg)							
Algérie							
<i>Chemlal</i>				<i>Blanquette de Guelma</i>			
5.67				14.36			
IC50 (mg/kg)							
Tunisie							
<i>Chemlali</i>				<i>Chétoui</i>			
793.4				6.9			

II.2.1. Le pouvoir réducteur

La capacité des huiles des deux variétés d'olive Algériennes, étudiées par **Deflaoui et al. (2019)**, à réduire le fer ferrique en fer ferreux montre des différences significatives entre les deux huiles. *Blanquette de Guelma* exerce la meilleure activité réductrice, elle enregistre une valeur de 14.37mg EAG/kg. Par contre, la variété *Chemlal* est moins performante son pouvoir est de 5.67 mg EAG/kg seulement. Ce qui indique une activité opérante des antioxydants contenus dans les huiles étudiées. En plus, la nature et la concentration en antioxydants contrôlent l'intensité du pouvoir réducteur (**Aidli, 2009**). Généralement, les polyphénols avec un nombre élevé de groupements hydroxyles présentent une activité anti-oxydante plus élevée due à leur capacité de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (**Rodriguez-Bernaldo de Quirös et al., 2009**). D'après les résultats, on constate que les extraits d'huiles riches en composés phénoliques totaux et en ortho-diphénols présentent les meilleurs pouvoirs réducteurs. De plus, une relation entre le stade de maturité et le pouvoir réducteur peut être établie, Selon **Rovellini et Cortesi, (2003)**, au début de maturité (stade vert) les composés majeurs sont l'oleuropéine et le tyrosol ; ce qui est le cas de *Blanquette de Guelma*,

ces métabolites améliorent fortement les performances réductrices de l'huile. Le pouvoir réducteur diminue au cours du stockage et il est fortement affecté par la température (Moreira, 2008).

II.2.2. Activité anti-radicalaire sur le radical DPPH

Les valeurs de l'activité anti-radicalaire des échantillons sont rapportées dans le tableau XIII. Une analyse comparative des valeurs nous renseigne que la variété italienne *Bosana* exerce une bonne activité anti-radicalaire (1.17 mmol TEAC/kg), ceci est en relation avec sa composition en métabolites anti-oxydantes notamment sa richesse en polyphénols (335.2 mg EAG/kg) et sa teneur indéniable en caroténoïdes (26 mg/kg). Bien que, leurs teneurs en polyphénols totaux est plus au moins élevées, les variétés Espagnoles *Arbequina* et *Hojiblanca* sont moins performante que *Bosana*, enregistrant des activités de 0.93 et 0.7 mmol TEAC/kg respectivement. Ceci est lié à leurs teneurs négligeables en caroténoïdes ainsi que la qualité de leurs polyphénols. Selon 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 impliqués dans l'activité anti-oxydante.

La variété Italienne *Semidana* a enregistré la valeur minimale de 0.29 mmol TEAC/kg alors qu'elle provient de la même région que *Bosana*. Selon Baiano *et al.* (2013), l'activité anti-oxydante des extraits méthanoliques de l'huile d'olive évaluée par la méthode au DPPH est significativement influencée par la variété des olives.

Les résultats concernant les variétés Algériennes, révèlent une fois de plus la performance de *Blanquette de Guelma* avec une valeur de 16.69 mmol EAG/kg, conséquence de sa richesse en polyphénols et en ortho-diphénols. De plus, Ben Youssef *et al.* (2010) ont noté que les concentrations en ortho-diphénols sont proportionnelles à la capacité anti-oxydante de l'huile d'olive. La variété *Chemlal* possède des teneurs non négligeables mais infimes en polyphénols totaux (979.629mg/Kg) et en ortho-diphénols (156.821 mg/Kg) par rapport à *Blanquette*, c'est pourquoi son activité scavenger sur le radical DPPH est inférieure (14.83 mmol EAG/kg). On constate aussi que l'écart entre l'activité des deux variétés est mineur. Cela est lié au fait que *Chemlal* soit récoltée à un stade avancé donc riche en chlorophylles, lesquelles sont impliquées dans les phénomènes d'auto-oxydation, mobilisant ainsi les composés phénoliques, ce qui réduit son activité. Donc les différences observées sont essentiellement dues aux profils phénoliques (Condelli *et al.*, 2013).

Issaoui et al. (2010) ont étudié l'activité anti-radicalaire de *Chemlali* et *Chétoui*. Les résultats sont exprimés en termes d'IC50 (Tableau XIII), représentant la concentration nécessaire pour diminuer la concentration initiale du radical DPPH de 50%. La plus petite valeur d'IC50 correspond à la plus grande activité anti-radicalaire. Des différences significatives sont constatées entre les deux échantillons. La plus faible valeur d'IC50 est attribuée à *Chétoui* soit 6.9 mg/kg correspondant à une meilleure efficacité de l'huile dans la neutralisation du radical DPPH. Par contre, *Chemlali* a montré une plus grande valeur d'IC50 (793.4 mg/kg). **Merouane et al. (2014)** ont trouvé une valeur de l'IC50 de 25.38 mg/kg pour l'huile d'olive de la variété Algérienne *Chemlal* obtenue par extraction artisanale. La cause anticipée à ces différences de résultats est en effet corrélée aux composés phénoliques mais cette activité n'est pas attribuée seulement au facteur quantitatif, la qualité du contenu phénolique joue aussi un rôle déterminant pour cette activité biologique (**Galvano et al., 2007 ; Morello et al., 2004**)

II.2.3. FRAP

Ce test est appliqué dans le but d'évaluer le pouvoir réducteur du fer, en raison de la différences des protocoles employés, les résultats sont exprimés en mmol Fe^{2+} /kg (**Tuberoso et al., 2013**) pour les variétés Italiennes et en mM trolox/kg (**Borges et al., 2015**) pour les variétés espagnoles (tableau XIII).

D'après les résultats analysés par **Tuberoso et al. (2016)** sur les deux variétés d'huiles d'olives Italiennes, on a déduit que la variété *Bosana* a un pouvoir réducteur plus important que celle de *Semidana* avec une valeur de 2.38 mmol Fe^{2+} /kg pour *Bosana* et 0.99 mmol Fe^{2+} /kg pour *Semidana*, cela peut être expliqué par la plus grande quantité de phénols totaux (335.20 mg/kg) que contient *Bosana* par rapport à celle de *Semidana* (179.73mg/kg), ces résultats sont nettement supérieurs à celles étudiés par **Boussahel et al. (2020)** avec des valeurs entre 0.12 et 0.84 mmol Fe^{2+} /kg. Il existe donc une corrélation entre la quantité de phénols totaux et le pouvoir réducteur, ces données sont en accord avec d'autres résultats trouvés (**Gorinstein et al., 2002**). Ainsi, on peut constater que ce dernier est basé essentiellement sur les composés phénoliques bien que la quantité des autres composants (flavonoïdes, pigments) est élevée chez la variété *Semidana*, le pouvoir réducteur de celle-ci reste faible comparant à la variété *Bosana*.

En tenant compte de l'analyse faite par **Borges et al. (2019)** basée sur les deux variétés Espagnoles (*Hojiblanca* et *Arbequina*), on conclut que la variété *Hojiblanca* présente une valeur très importante de FRAP (3.44 Mm trolox/kg) par rapport à celle d'*Arbequina* avec

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

une valeur de 0.98Mm trolox/kg, contrairement à celle indiquée par **Borges et al. (2015)** qui était plus faible avec une valeur moyenne de 0.71 Mm Trolox/kg pour les mêmes variétés, ces résultats sont en corrélation avec les teneurs en composés bioactifs (polyphénols, flavonoïdes et pigments) de la variété *Hojiblanca* qui indiquent des valeurs élevées en ces composés comparées à celles d'*Arbequina*.

En faisant une comparaison entre les deux études, les résultats révèlent que la variété Espagnole *Hijoblanca* se distingue des autres variétés avec la plus forte performance contre le Fer, ce qui est logique puisque elle contient une teneur plus importante en phénols totaux (367 mg/kg), c'est la même conclusion déduite par **Abaza et al. (2011)**. Selon **Ghedadba et al. (2015)**, les polyphénols jouent un rôle primordial dans la chélation des métaux de transition impliqués dans la réaction de Fenton (formation de radicaux hydroxyles résultant de la réaction du fer avec le peroxyde d'hydrogène).

D'après ces études on constate que la variété a un impact sur le pouvoir réducteur d'huile d'olive, mais aussi l'activité anti-oxydante des huiles d'olive change en fonction des régions (**Baiano et al., 2012**).

II.2.4. Activité anti-radicalaire sur le radical ABTS

La variété Italienne *Bosana* montre le plus fort potentiel à neutraliser le cation ABTS⁺ avec une valeur de 1.19 mmol TEAC/kg, cette même valeur est enregistrée pour les huiles Grecques (**Ballus, 2014**), suivie par la variété espagnole *Hojiblanca* et *Chétoui* du nord tunisien (0.73, 0.74 mmol TEAC/kg respectivement) et de *Semidana* Italienne et *Blanquette de Guelma* Algérienne ainsi qu'*Arbequina* Espagnole (0.34, 0.44 et 0.48 mmol TEAC/kg respectivement) et enfin les variétés *Chemlali* de sud tunisien et *Chemlal* Algérienne enregistrent les plus faibles valeurs (0.12, 0.25 mmol TEAC/kg respectivement). Ces potentiels sont largement inférieurs aux valeurs obtenues à partir de l'huile des variétés *Memecik* et *Ayvalik* (1.86, 2.26 mmol Trolox/kg, respectivement) étudié par **Kelebek et al. (2015)**, et de celles enregistrées par **Seiquer et al. (2015)** avec la valeur moyenne de 3.03 mmol TEAC/kg.

Ceci est peut être lié à la richesse de la variété *Bosana* en pigments ainsi qu'en polyphénols totaux contrairement à *Hojiblanca*. Ces résultats confirment que la qualité anti-oxydante de l'huile d'olive pourrait également être attribuée à des composés autres que les polyphénols (**Borges et al., 2017**).

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

Paradoxalement, malgré les fortes valeurs enregistrées en polyphénols pour les variétés Algériennes, leurs activités anti-oxydantes restent modérées. Il a été démontré que l'efficacité anti-oxydante des fractions phénoliques était différentes (**Dierkes et al., 2012**) et la diminution des polyphénols totaux est due à leur dégradation ou à l'activité de l'enzyme polyphénols-oxydase pendant le stockage des olives (**Zanoni et al., 2005**).

On remarque aussi que la valeur de la variété *Chétoui* est supérieur à celle de *Chemlali*, ce qui est logique puisque *Chétoui* enregistre des valeurs plus importantes en composés bioactifs (phénols, ortho-diphénols et pigments), ainsi les ortho-diphénols présentent des activités anti-oxydantes importantes en raison des liaisons hydrogène dans la détoxification des radicaux libres (**Carraso-Pancorbo et al., 2005**).

Il a été démontré que les conditions climatiques affectent le potentiel antioxydant des huiles, mais de manière différente selon les cultivars (**Borges et al., 2019**).

Köseoglu et al. (2016) ont notés, également, que l'activité anti-oxydante des huiles d'olive, mesurée par ABTS diminue pendant la maturation. La même tendance a été signalée dans les variétés Turques (**Sevim et al., 2013**).

La région géographique peut être un facteur décisif (**Kesen et al., 2014**), on remarque aussi que l'année de récolte peut être l'un des facteurs qui participent aux fluctuations de ces valeurs (**Borges et al., 2019**).

Conclusion

L'étude réalisée a pour but la comparaison des composés bioactifs de plusieurs huiles d'olive issues de différentes variétés et d'estimer leurs activités anti-oxydante et anti-radicalaire par plusieurs méthodes.

Concernant la teneur en composés bioactifs, toutes les huiles d'olives présentent des teneurs variées selon le cultivar, l'analyse des pigments et flavonoïdes ne permet pas de différencier clairement les huit variétés mais le profil phénolique peut être plus utile en montrant que les huiles contenant une plus grande quantité de phénols ont également une plus grande capacité à piéger les radicaux libres, mais certains résultats ont contredits ce fait.

Les variétés d'olives ont une grande influence en termes de durée de conservation des huiles d'olives. Toutefois, les résultats trouvés pour chaque variété permettent de conclure que les teneurs en substances bioactives ainsi que leurs propriétés anti-oxydantes montrent des

Activité anti-oxydante de l'huile d'olive ; synthèse de travaux antérieurs

différences significatives en fonction de plusieurs facteurs tels que le cultivar, le stade de maturation qui semble être très important pour la caractérisation et la discrimination des huiles d'olive, par conséquent, les différentes teneurs en composés bioactifs peuvent diminuer pendant la maturation, la période et l'année de récolte. D'ailleurs bien que le contenu phénolique total et les propriétés anti-oxydantes des variétés changent en fonction de l'année et la période de récolte, les valeurs les plus élevées sont généralement déterminées lors des quatre premières récoltes (novembre). En outre, la région et l'origine géographique semblent jouer un rôle important pour les caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive.

Quoi qu'il en soit, presque toutes les variétés ont montré une bonne capacité anti-oxydante mais l'une d'elle se démarque, c'est la variété Italienne *Bosana* avec une très bonne propriété anti-oxydante. Ainsi, il peut être intéressant d'apprécier le produit non seulement d'un point de vue sensoriel, mais aussi dans les vertus thérapeutiques ; des recherches démontrent la nécessité de consommer avec précaution l'huile d'olive pendant la chimiothérapie pour les patients atteints du cancer (Torić *et al.*, 2020).

Conclusion générale

Conclusion

Ce travail réalisé a pour but la caractérisation de certaines variétés d'huile d'olive dérivant de différents pays, à travers une étude comparative du potentiel antioxydant et le dosage des composés bioactifs à effet antioxydant contenus dans ces huiles. Les résultats des tests montrent que les huiles analysées sont, en général, de qualité satisfaisante. Par ailleurs des variations ont été observées dans les résultats qui peuvent être expliquées par l'influence de plusieurs facteurs ; on cite dans la littérature le degré de maturité des olives pressées, la méthode d'extraction des huiles, descendance génétique (facteurs variétaux), la région géographique et le climat, sont les principaux facteurs qui ont une grande influence les valeurs des paramètres étudiés.

Le dosage des différents antioxydants des huiles d'olive à savoir les polyphénols totaux, les ortho-diphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes montre que certaines variétés sont très riches en ces composés, telles que la variété Italienne *Bosana* et la variété Algérienne *Blanquette de Guelma*. On déduit ainsi 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 anti-oxydante 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.

Des corrélations significatives ont été enregistrées entre les polyphénols totaux et les ortho-diphénols avec les différentes activités anti-oxydantes des extraits étudiées à savoir : le pouvoir réducteur, l'activité anti-radicalaire, témoignant ainsi que ces composés sont impliqués dans ces activités et que leurs teneurs contrôlent ces dernières.

Dans une conjoncture internationale marquée par une forte concurrence, tous les efforts devraient être déployés afin de mettre sur le marché des huiles d'origine contrôlées qui seront établies par la combinaison harmonieuse des variétés d'un terroir particulier ainsi la connaissance du patrimoine variétal, sa bonne gestion et son exploitation pourront contribuer à améliorer la filière oléicole en Algérie et permet d'accorder essentiellement plus d'intérêt à certaines variétés qui présentent des caractères recherchés.

Si l'on veut obtenir une huile vierge, bien classée selon les normes du COI en extra vierge, ayant de bonnes caractéristiques de qualité et une composition répondant aux normes, il faut

Conclusion générale

veiller à ce que toutes les opérations, aussi bien au stade de la culture qu'au cours de la mise en œuvre des olives, soient effectuées avec soin.

L'accent doit être mis dans les perspectives d'avenir sur la grande nécessité d'améliorer sans cesse les conditions de production et de veiller à la qualité de l'huile d'olive, pour une valorisation indispensable de celle-ci et une meilleure rentabilité de la production.

Références bibliographiques

A

Abaza, L., Youssef, N. B., Manai, H., Haddada, F. M., Methenni, K., Zarrouk, M. (2011). Chétoui olive leaf extracts: influence of the solvent type on phenolics and antioxidant activities. *grasas y aceites*, 62(1), 96-104.

AIDLI, A. (2009). *Caractéristiques physico-chimiques et pouvoir antioxydant de l'huile d'olive de variétés algériennes* (Doctoral dissertation, Université de Béjaia-Abderrahmane Mira).

Allalout, A., Krichène, D., Methenni, K., Taamalli, A., Oueslati, I., Daoud, D., Zarrouk M. (2009). Characterization of virgin olive oil from super intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 120: 77-83.

Al-Rewashdeh, A. (2010). Blood lipid profile, oxidation and pressure of men and women consumed olive oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (1): 15-26.

Ammar, S., Kelebek, H., Zribi, A., Abichou, M., Selli, S., Bouaziz, M. (2017). LC-DAD/ESIMS/MS characterization of phenolic constituents in Tunisian extra-virgin olive oils: Effect of olive leaves addition on chemical composition. *Food Research International*, 100 : 477–485.

Anand David, A. V., Arulmoli, R., Parasuraman S. (2016). *Pharmacognosy reviews*, 10,84-89.

Angerosa, F. (2000). Sensory quality of olive oils. In *Handbook of Olive Oil* (pp. 355-392). Springer, Boston, MA.

Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Celik, S., Bektaşoğlu, B., Berker K., Özyurt D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496-1547.

Arslan, D., Ok, S. (2020). Characterization of Turkish Olive Oils in Details. *Food Reviews International*, 36(2), 168-192.

Aurousseau, B. (2002). Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la quantité de leurs produits, *INRA Prod. Anim*, Vol 15, PP67-82.

B

BACHOUCHE, N. (2019). Etude de l'entomofaune de l'olivier (*Olea europaea*) et Bioécologie de ses principaux insectes ravageurs dans les régions de Tizi-Ouzou et de Bouira (Doctoral dissertation, Université Mouloud MAMMERRI).

Références bibliographiques

Baiano, A., Terracone, C., Viggiani, I., Del Nobile, M. A. (2013). Effects of cultivars and location on quality, phenolic content and antioxidant activity of extra-virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(1), 103-111.

Ballus, C. A. (2014). Chemical characterization and antioxidant capacity of extra-virgin olive oils from Brazil and other countries using electrophoretic, chromatographic and spectrometric techniques= Caracterização química e capacidade antioxidante de azeites de oliva extravirgem provenientes do Brasil e de outros países utilizando técnicas eletroforéticas, cromatográficas e espectrométricas.

Becerra-Herrera, M., Vélez-Martín, A., Ramos-Merchante, A., Richter, P., Beltrán, R., Sayago, A. (2018). Characterization and evaluation of phenolic profiles and color as potential discriminating features among Spanish extra virgin olive oils with protected designation of origin. *Food chemistry*, 241, 328-337.

Beddou, F., Bekhechi, C., Ksouri, R., Sari, D. C., Bekkara, F. A. (2015). Potential assessment of *Rumex vesicarius* L. as a source of natural antioxidants and bioactive compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3549-3560.

Belguerri, H. (2016). *Contribution à l'étude de l'effet de l'irrigation et la fertilisation azotée et potassique sur les performances productives et qualitatives de l'olivier super-intensif* (Doctoral dissertation, Universitat de Lleida).

Ben Tekaya I., Hassouna M. (2007). Effets des chlorophylles, du beta carotène, de l'alphatocophérol, du tyrosol et de leurs interactions sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive tunisienne ; OCL Vol 14 N°1 Janvier- Février 2007.

Ben Youssef N., Zarrouk W., Carrasco-Pancorbo A., Ouni Y., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A., Daoud, D., Zarrouk M. (2010). Effect of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chétoui virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 199-204.

Bendini, A., Bonoli, M., Cerretani, L., Biguzzi, B., Lercker, G., Toschi, T. G. (2003). Liquid-liquid and solid-phase extractions of phenols from virgin olive oil and their separation by chromatographic and electrophoretic methods. *Journal of Chromatography A*, 985(1-2), 425-433.

Benlemlih M. Ghanam J. (2012). Les polyphénols d'huile d'olive, trésors santé. Ed. Macro pietteur, Embourg, Belgique, 128.

Benlemlih M., Ghanam J., Henri J. (2016). Polyphénols d'huile d'olive, trésors santé : Polyphénols aux actions antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, anti-âge et protectrices cardio-vasculaires. Edition: Marco Pietteur. Belgique : 59-97p.

Références bibliographiques

- Benrachou, N. (2013).** Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien. *Biochimie Appliquée. Université Badji Mokhtar Annaba*, 1-85.
- Borges, T. H., Cabrera-Vique, C., Seiquer, I. (2015).** Antioxidant properties of chemical extracts and bioaccessible fractions obtained from six Spanish monovarietal extra virgin olive oils: Assays in Caco-2 cells. *Food & function*, 6(7), 2375-2383.
- Borges, T. H., López, L. C., Pereira, J. A., Cabrera-Vique, C., Seiquer, I. (2017).** Comparative analysis of minor bioactive constituents (CoQ10, tocopherols and phenolic compounds) in Arbequina extra virgin olive oils from Brazil and Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 47-54.
- Borges, T. H., Serna, A., López, L. C., Lara, L., Nieto, R., Seiquer, I. (2019).** Composition and Antioxidant Properties of Spanish Extra Virgin Olive Oil Regarding Cultivar, Harvest Year and Crop Stage. *Antioxidants*, 8(7), 217.
- Borzillo, A., Iannotta, N., Uccella, N. (2000).** Oinotria table olives: quality evaluation during ripening and processing by biomolecular components. *European Food Research and Technology*, 212(1), 113-121.
- Boskou, D., Blekas, G., Tsimidou, M. (2006).** Olive oil composition, in Boskou D (Ed.). Olive oil: chemistry and technology, 4 ed. (p. 41-76) Champaign: AOCS.
- Bouchouka, E. (2016).** *Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Université BADJI MOKHTAR-ANNABA. ALGERIA. P: 49).
- Boulfane, S., Maata, N., Anouar, A., Hilali, S. (2015).** Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles de la région de la Chaouia-Maroc. *Journal of Applied Biosciences*, 87, 8022-8029.
- Boulkroune, H. (2018).** *L'oléiculture en petite Kabylie: améliorer la qualité du produit participe au développement durable de la filière* Devant (Doctoral dissertation).
- Boussahel, S., Di Stefano, V., Muscarà, C., Cristani, M., Melilli, M. G. (2020).** Phenolic Compounds Characterization and Antioxidant Properties of Monocultivar Olive Oils from Northeast Algeria. *Agriculture*, 10(11), 494.
- Brat, P., Georgé, S., Bellamy, A., Chaffaut, L. D., Scalbert, A., Mennen, L., Amiot, M. J. (2006).** Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *The Journal of nutrition*, 136(9), 2368-2373.
- Brkić Bubola, K., Lukić, M., Novoselić, A., Krapac, M., Lukić, I. (2020).** Olive Fruit Refrigeration during Prolonged Storage Preserves the Quality of Virgin Olive Oil Extracted Therefrom. *Foods*, 9(10), 1445.

Références bibliographiques

C

- C.O.I. (2011).** L'huile d'olive et ses propriétés antioxydants. Conseil Oléicole International.
- C.O.I. (2015).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. Conseil oléicole international. COI/T.15/NC n° 3/Rév. 8
- Capurso, A., Crepaldi, G., Capurso, C. (2018).**Extra-Virgin Olive Oil (EVOO): History and Chemical Composition. In Benefits of the Mediterranean Diet in the Elderly Patient (pp. 11-21). Springer, Cham.
- Carocho, M., Ferreira, I. C. (2013).** Food and Chemical Toxicology, 51, 15-25
- Carrasco-Pancorbo, A., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., Del Carlo, M., Gallina-Toschi, T., Fernandez-Gutierrez, A. (2005).**Evaluation of the antioxidant capacity of individual phenolic compounds in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 8918-8925.
- Chaalal, M., Louaileche, H., Touati, N., Bey, M. B. (2013).**Phytochemicals, in vitro antioxidant capacity and antiradical potential of whole and ground seeds of three prickly pear varieties: A comparative study. *Industrial Crops and Products*, 49, 386-391.
- Chtourou, M., Gargouri, B., Jaber, H., Abdelhedi, R., Bouaziz, M. (2013).** Comparative study of olive oil quality from Chemlali Sfax versus Arbequina cultivated in Tunisia. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(6), 631-640.
- Chu, W. L., Lim, Y .W., Radhakrishnan, A. K ., Lim, P. E. (2010).** Protective Effect Of Aqueous Extract From Spirulina Platensis Against Cell Death Induced By Free Radicals. *BMC Complementary And Alternative Medicine*, 10 (53), pp:2-8.
- Chung, Y. C., Chang, C. T., Chao, W. W., Lin, C. F., Chou, S. T. (2002).** Antioxidative activity and safety of the 50 ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2454-2458.
- Ci, X., Frisch, F., Lavoie, F., Germain, P., Lecomte, R., van Lier, J. E., Carpentier, A. C. (2006).**The effect of insulin on the intracellular distribution of 14 (R, S)-[18 F] Fluoro-6-thia-heptadecanoic acid in rats. *Molecular Imaging and Biology*, 8(4), 237-244.
- Condelli, N., Caruso, M. C., Galgano, F., Russo, D., Milella, L., Favati, F. (2015).** Prediction of the antioxidant activity of extra virgin olive oils produced in the Mediterranean area. *Food Chemistry*, 177, 233-239.
- Conseil Oléicole International (2017).** production et consommation mondiale d'huile d'olive.

Références bibliographiques

Conseil Oléicole International (2018). COI/T.15/NC n° 3/Rév. 12 Juin 2018. Normes commerciales applicables aux huiles d'olive et aux huiles de grignon d'olive. Conseil Oléicole International.

Conseil Oléicole International (2018). production mondiale d'huile d'olive.

Conseil Oléicole International (2019). production et consommation mondiale d'huile d'olive.

D

Dabbou, S., Brahmi, F., Taamali, A., Issaoui, M. (2010). Extra virgin olive oil components and oxidative stability from olives grown in Tunisia. *J. Am. Oil Chem*, 87, 1199–1209.

Dai, J., Jones, D. P., Goldberg, J., Ziegler, T. R., Bostick, R. M., Wilson, P. W., Vaccarino, V. (2008). Association between adherence to the Mediterranean diet and oxidative stress. *The American journal of clinical nutrition*, 88(5), 1364-1370.

De la Torre-Carbot, K., Jauregui, O., Gimeno, E., Castellote, A. I., Lamuela-Raventós, R. M., López-Sabater, M. C. (2005). Characterization and quantification of phenolic compounds in olive oils by solid-phase extraction, HPLC-DAD, and HPLC-MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(11), 4331-4340.

De Santis, S., Cariello, M., Piccinin, E., Sabbà, C., Moschetta, A. (2019). Extra Virgin Olive Oil: Lesson from Nutrigenomics. *Nutrients*, 11(9), 2085.

Deflaoui, L., METTOUCHI, S., Setyaningsih, W., Lovillo, M. P., Barroso, C. G., Tamendjari, A. (2020). Effect of the harvesting period on the phenolic content and on antioxidant activity of two Algerian olive cultivars. *RIVISTA ITALIANA DELLE SOSTANZE GRASSE*, 97(1), 51-60.

Del Monaco, G., Officioso, A., D'Angelo, S., La Cara, F., Ionata, E., Marcolongo, L., Morana, A. (2015). Characterization of extra virgin olive oils produced with typical Italian varieties by their phenolic profile. *Food chemistry*, 184, 220-228.

Desmier, T. (2016). *Les antioxydants de nos jours: définition et applications* (Doctoral dissertation, éditeur inconnu).

Dieng, S. I. M., Fall, A. D., Diatta-Badji, K., Sarr, A., Sene, M., Sene, M., Bassene, E. (2017). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro-ethanoliques des feuilles et écorces de *Piliostigma thonningii* Schumacher. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 768-776.

Dierkes, G., Krieger, S., Dück, R., Bongartz, A., Schmitz, O. J., Hayen, H. (2012). High-performance liquid chromatography–mass spectrometry profiling of phenolic compounds for

Références bibliographiques

evaluation of olive oil bitterness and pungency. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(31), 7597-7606.

Diraman, H., Dibeklioglu, H. (2009).Characterization of Turkish virgin olive oils produced from early harvest olives. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(7), 663-674.

Djelloul, M. C. E. B., Amrani, S. M., Rovellini, P., Chenoune, R. (2020).Phenolic compounds and fatty acids content of some West Algerian olive oils. *Comunicata Scientiae*, 11, e3247-e3247.

Djenidi, H. (2020). *Activité antioxydante et antiradicalaire des aliments d'origine végétale consommés dans les régions de Biskra et Setif* (Doctoral dissertation).

Djohan, Y. F. (2017). *Influence d'un régime riche en huile de palme sur le statut antioxydant, la fonction mitochondriale et les désordres métaboliques associés à l'obésité* (Doctoral dissertation).

DSA Tizi-Ouzou. (2020). Statistiques de la direction des services agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou. (<https://www.reporters.dz/tizi-ouzou-production-record-de-plus-de-196-millions-de-litres-dhuile-dolive/>) consulté le 02/12/2020.

E

El-Gharbi, S., Tekaya, M., Bendini, A., Valli, E., Palagano, R., Hammami, M., Mechri, B. (2018). Effects of Geographical Location on Chemical Properties of Zarazi Virgin Olive Oil Produced in the South of Tunisia. *American Journal of Food Science and Technology*, 6(6), 228-236.

F

Favati, F., Caporale, G., Bertuccioli, M. (1994). Rapid determination of phenol content in extra virgin olive oil. *Grasas y Aceites*, 45(1-2), 68-70.

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

Fettah, A. (2019). *Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydante-antibactérienne) des extraits de la plante Teucrium polium L. sous espèce Thymoïdes de la région Béni Souïk, Biskra* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA).

Foscolou, A., Critselis, E., Panagiotakos, D. (2018). Olive oil consumption and human health: A narrative review. *Maturitas*, 118, 60-66.

Références bibliographiques

G

Gaforio, J. J., Visioli, F., Alarcón-de-la-Lastra, C., Castañer, O., Delgado-Rodríguez, M., Fitó, M., Osada, J. D. L. (2019). Virgin olive oil and health: summary of the III international conference on virgin olive oil and health consensus report, JAEN (Spain) 2018. *Nutrients*, 11(9), 2039.

Galvano, F., La Fauci, L., Graziani, G., Ferracane, R., Masella, R., Di Giacomo, C., Galvano, G. (2007). Phenolic compounds and antioxidant activity of Italian extra virgin olive oil Monti Iblei. *Journal of Medicinal Food*, 10(4), 650-656.

Gargouri, B., Zribi, A., Bouaziz, M. (2015). Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1948-1959.

GHAYATI, Z. (2019). *ANTIOXYDANTS ET DIABETE DE TYPE 2* (Doctoral dissertation).

Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselsela, H., & Oueld-Mokhtar, S. M. (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13(2), 118-129.

Gomes, V. P. M., Torres, C., Rodríguez-Borges, J. E., Paiva-Martins, F. (2015). A Convenient Synthesis of Hydroxytyrosol Monosulfate Metabolites. *J Agric Food Chem* 63:9565–9571.

Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Katrich, E., Lojek, A., Číž, M., Gligelmo-Miguel, N., 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. *The Journal of nutritional biochemistry*, 14(3), 154-159.

Graille, J. (2003). Lipides et corps gras alimentaires. Lavoisier Tec et Doc.

Guo, L., Xie, M. Y., Yan, AP., Wan, Y. Q., Wu, Y. M. (2006). Simultaneous determination of five synthetic antioxidants in edible vegetable oil by GC-MS analytical and bioanalytical and bioanalytical. *Chemistry*, 386(6), 1881-1887.

Guo, Z., Jia, X., Zheng, Z., Lu, X., Zheng, Y., Zheng, B., Xiao, J. (2018). Chemical composition and nutritional function of olive (*Olea europaea* L.): A review. *Phytochemistry Reviews*, 17(5), 1091-1110.

Guzel, O., Uysal, U., Arslan, N. (2019). Efficacy and tolerability of olive oil-based ketogenic diet in children with drug-resistant epilepsy: A single center experience from Turkey. *European Journal of Paediatric Neurology*, 23(1), 143-151.

H

Haddam, M., Chimi, H., El-Antari, A., Zahouily, M., Mouhibi, R., Zaz, A., Amine, A. (2014). Physico-chemical characterisation and oxidative stability of olive oils produced from

Références bibliographiques

the 'Picholine marocaine', 'Haouzia', 'Koroneiki' and 'Arbequina' varieties in the central olive growing region of Morocco (Chaouia-Ouardigha). *Olivae*, (119), 22-34.

Hadj Sadok, T., Rebiha, K., Terki, D. (2018). Caractérisation physico-chimique et organoleptique des huiles d'olive vierges de quelques variétés algériennes. *Revue Agrobiologia* 8(1): 706-718.

Hadjou, L., Lamani, O., Cheriet, F. (2013). Labellisation des huiles d'olive algériennes: contraintes et opportunités du processus?. *New Medit*, 12(2), 35-46.

Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10), 628-38.

Hassiba, M. Y. (2019). *Pouvoir Antioxydant et Neuroprotecteur de Quelques Plantes Algériennes* (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem).

Hilali, M., Maata, N., El Monfalouti, H., Kartah, B. E. (2020). Study of the Chemical Composition of Olive Oil According to Its Mode of Extraction and Its Age from the Olive Tree. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 8(3), 1075-1080.

Huang, C. L., Sumpio, B. E. (2008). Olive oil, the mediterranean diet, and cardiovascular health. *Journal of the American College of Surgeons*, 207(3), 407-416.

Hybertson, B. M., Gao, B., Bose, S. K., McCord, J. M. (2011). Oxidative stress in health and disease: the therapeutic potential of Nrf2 activation. *Molecular aspects of medicine*, 32(4-6), 234-246.

I

Inglese, P., Famiani, F., Galvano, F., Servili, M., Esposito, S., Urbani, S. (2011). 3 factors affecting extra-virgin olive oil composition. *Horticultural reviews*, 38, 83.

Isabel Minguéz-Mosquera, M., Rejano-Navarro, L., Gandul-Rojas, B., SanchezGomez, A. H., Garrido-Fernandez, J. (1991). Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68(5), 332-336.

Issaoui, M., Flamini, G., Brahmi, F., Dabbou, S., Ben Hassine, K., Taamali, A., Chehab, H., Ellouz, M., Zarrouk, M., Hammamia, M. (2010): Effect of the growing area conditions on differentiation between Chemlali and Chétoui olive oils *Food Chemistry* 119 (2010) 220–225.

J

Jacotot, B. (1993). L'huile d'olive de la gastronomie à la santé Paris: Artulen p280.

Jean Nève. (2002). Nutrition et stress oxydant: Modulation de l'apport alimentaire en antioxydants Optimisation of dietary intake of anti-oxidants, *Nutrition clinique et métabolisme*, p 298.

Références bibliographiques

Jihed, F., Ferdaws, G., Mbarka, B. M., Sihem, B. A., Tebra, T., Amel, G., Kamel, N. (2016). Comparaison de la composition physicochimique d'huile d'olive chez la variété Chemlai sous l'effet d'irrigation.

K

Kahouli, I. (2010). Effet antioxydant d'extraits de plantes (*Laurus nobilis* L., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Oléa Europea* L.) dans l'huile de canola chauffée.

Kalogeropoulos, N., Kaliora, A. C. (2015). Effect of fruit maturity on olive oil phenolic composition and antioxidant capacity. In *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents* (pp. 123-145). AOCS Press.

Kamvissis, V. N., Barbounis, E. G., Megoulas, N. C., Koupparis, M. A. (2008). A novel photometric method for evaluation of the oxidative stability of virgin olive oils. *Journal of AOAC International*, 91(4), 794-801.

Kataja-Tuomola, M., Sundell, J.R. (2008). Effect of α -tocopherol and β -carotene supplementation on the incidence of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 51(1), 47-53.

Kelebek, H., Kesen, S., Selli, S. (2015). Comparative study of bioactive constituents in Turkish olive oils by LC-ESI/MS/MS. *International Journal of Food Properties*, 18(10), 2231-2245.

Kesen, S., Kelebek, H., Selli, S. (2014). LC-ESI-MS characterization of phenolic profiles Turkish olive oils as influenced by geographic origin and harvest year. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(3), 385-394.

Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J. O., Dommès, J., Pincemail, J. (2007). Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(21), 8596-8603.

Konuskan, D. B., Mungan, B. (2016). Effects of variety, maturation and growing region on chemical properties, fatty acid and sterol compositions of virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(11), 1499-1508.

Köseoğlu, O., Sevim, D., Kadiroğlu, P. (2016). Quality characteristics and antioxidant properties of Turkish monovarietal olive oils regarding stages of olive ripening. *Food chemistry*, 212, 628-634.

Kouka, P., Tekos, F., Papoutsaki, Z., Stathopoulos, P., Halabalaki, M., Tsantarliotou, M., Tsatsakis, A. (2020). Olive oil with high polyphenolic content induces both beneficial and harmful alterations on rat redox status depending on the tissue. *Toxicology Reports*, 7, 421-432.

Krist, S. (2020). Olive Oil. In *Vegetable Fats and Oils* (pp. 493-504). Springer, Cham.

Références bibliographiques

L

Laincer, F., Laribi, R., Tamendjari, A., Arrar, L., Rovellini, P., Venturini, S. (2014). Olive oils from Algeria: Phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities. *Grasas y Aceites*, 65(1), 001.

Lambert de Malezieu, M. (2019). *Potentialisation des effets de composés phénoliques combinés de l'huile d'olive: étude des transformations rédox: application dans les maladies neurodégénératives* (Doctoral dissertation, Rennes 1).

Landrum, J. T., Bone, R. A. (2001). Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. *Archives of biochemistry and biophysics*, 385(1), 28-40.

Laribi, R., Laincer, F., Rovellini, P., Venturini, S., Keciri, S., Arrar, L., Tamedjari, A. (2011). Caractérisation de dix variétés d'huile d'olive algérienne: étude du profil en composés phénoliques par HPLC. *Sostanze Grasse*, 88 : 161-171.

Laribi, R. (2015). Les composés phénoliques de quelques variétés de l'huile d'olive algérienne: identification et propriétés. Th. Doct. Biochimie. Université ferhat abbas. Sétif 1. 57P.

Lazzez, A., Cossentini, M., Khlif, M., Karray, B. (2006). Etude de l'évolution des stérols, des alcools aliphatiques et des pigments de l'huile d'olive au cours du processus de maturation. *Journal de la société chimique de Tunisie*, 8, 21-32.

Leopoldini, M., Russo, N., Toscano, M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), 288-306.

Lin, T. K., Zhong, L., Santiago, J. L. (2018). Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. *International journal of molecular sciences*, 19(1), 70.

Louaileche, H., Zegane, O., Keciri, S. (2015). Ortho-Diphenol Content, Iron Chelating and Hydrogen Peroxide Scavenging Properties of Algerian Virgin Olive Oils.

M

Maataoui, B. S., Hmyene, A., Hilali, S. (2006). Activités antiradicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie [*Opuntia ficus indica*]. *Lebanese science journal*, 7(1), 3-8.

Malheiro, R., Rodrigues, N., Pereira, J. A. (2015). Olive oil phenolic composition as affected by geographic origin, olive cultivar, and cultivation systems. In *Olive and Olive oil Bioactive constituents* (pp. 93-121). AOCS Press.

Mallajosyula, J. K., Kaur, D., Chinta, S. J., Rajagopalan, S., Rane, A., Nicholls, D. G., Andersen, J. K. (2008). MAO-B elevation in mouse brain astrocytes results in Parkinson's pathology. *PloS one*, 3(2), e1616.

Références bibliographiques

Mansouri, F., Moumen, A. B., Belhaj, K., Richard, G., Fauconnier, M. L., Sindic, M., Caid, H. S., Elamrani, A. (2018). Effect of crop season on the quality and composition of extra virgin olive oils from Greek and Spanish varieties grown in the Oriental region of Morocco. *Emirates Journal of Food and Agriculture* : 549-562.

Mansouri, F., Ben Moumen, A., Houmy, N., Richard, G., Fauconnier, M. L., Sindic, M., Elamrani, A. (2014). Evaluation of the oxidative stability of blends of 'Arbequina' olive oils with other monovarietal olive oils. *Olivae (Official Journal of the International Olive Council)*, 120, 23-30.

Marinelli, L., Oreggia, M. (2017). A guide to the world of extra virgin olive oil, *Italy*.

Marinelli, L., Oreggia, M. (2018). A guide to the world of extra virgin olive oil, *Italy*.

Mateos, R., Cert, A., Perez-Camino, M.C., Garcia, M.J. (2004). Evaluation of virgin olive oil bitterness by quantification of secoiridoid derivatives. *J. Am. Oil Chem*, 81, 71–75.

Matos, L. C., Cunha, S. C., Amaral, J. S., Pereira, J. A., Andrade, P. B., Seabra, R. M., Maurent, K. (2017). Synthèse de composés phénoliques de type diarylheptanoïde. Evaluation de leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Medjkouh, L. (2017). Influence de l'attaque du ravageur *Bactocera oleae* sur la qualité des olives et de l'huile d'olive de variétés algériennes (Doctoral dissertation, Université de Béjaïa- Abderrahmane Mira).

Medjkouh, L., Tamendjari, A., Alves, R. C., Araújo, M., Oliveira, M. B. P. (2016). Effect of *Bactocera oleae* on phenolic compounds and antioxidant and antibacterial activities of two Algerian olive cultivars. *Food & function*, 7(10), 4372-4378.

Medjkouh, L., Tamendjari, A., Keciri, S., Santos, J., Nunes, M. A., Oliveira, M. B. P. P. (2016). The effect of the olive fruit fly (*Bactocera oleae*) on quality parameters, and antioxidant and antibacterial activities of olive oil. *Food & function*, 7(6), 2780-2788.

Mele, M. A., Islam, M. Z., Kang, H. M., Giuffrè, A. M. (2018). Pre-and post-harvest factors and their impact on oil composition and quality of olive fruit. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 592-603.

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

Merouane, A., Noui, A., Ali, K. N. B., Saadi, A. (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 : 1865-1870.

Références bibliographiques

Migdal, C., Serres, M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *médecine/sciences*, 27(4), 405-412.

Miho, H., Moral, J., López-González, M. A., Díez, C. M; Priego-Capote, F. (2020). The phenolic profile of virgin olive oil is influenced by malaxation conditions and determines the oxidative stability. *Food Chemistry*, 314, 126183.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, 26(2), 211-219.

Mongens, M. (2013). *Origine et conséquences du stress oxydant* (Doctoral dissertation).

Montaño, A., Hernández, M., Garrido, I., Llerena, J. L., Espinosa, F. (2016). Fatty acid and phenolic compound concentrations in eight different monovarietal virgin olive oils from extremadura and the relationship with oxidative stability. *International journal of molecular sciences*, 17(11), 1960.

Monti, S. M., Ritieni, A., Sacchi, R., Skog, K., Borgen, E., 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 and Food chemistry*, 49(8), 3969-3975.

Montpellier, C. (2019). L'huile d'olive: intérêts alimentaire et cosmétique.

Moreira, L. R. S. (2008). An overview of mannan structure and mannan-degrading enzyme systems. *Applied microbiology and biotechnology*, 79(2), 165.

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

Morelló, J. R., Motilva, M. J., Ramo, T., Romero, M. P. (2003). Effect of freeze injuries in olive fruit on virgin olive oil composition. *Food Chemistry*, 81(4), 547-553.

N

Nicholas Couturier, Les antioxydants, des armes antiradicaux libres. <https://www.nutergia.com/fr/nutergia-votre-expert-conseil/dossiers-bienetre/antioxydants.php>.

Nissiotis, M., Tasioula-Margari, M. (2002). Changes in antioxidant concentration of virgin olive oil during thermal oxidation. *Food chemistry*, 77(3), 371-376.

Nkondjock, A., Shatenstein, B., Maisonneuve, P., Ghadirian, P. (2003). Specific fatty acids and human colorectal cancer: an overview. *Cancer detection and prevention*, 27(1), 55-66.

Références bibliographiques

Noda, Y., Kneyuki, T., Igarashi, K., Mori, A., Packer, L. (2000). *Toxicology*, 148, 119-123.

O

Observatoire National de l'Agriculture (ONAGRI), le 3 février 2020. Le marché de l'huile d'olive au niveau national et mondial et mécanismes de régulation.

Oliveira, B.P.P. (2007). Chemometric characterization of three varietal olive oils (Cvs. Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana) extracted from olives with different maturation indices. *Food Chemistry*, 102:406-414.

Orhan, I. E., Nabavi, S. F., Daglia, M., Tenore, G. C., Mansouri, K., Nabavi, S. M. (2015). *Current pharmaceutical biotechnology*, 16, 245-251.

Oroian, M., Escriche, I. (2015). *Food Research International*, 74, 10-36

Ouedrhiri, M., Benismail, C., EL Mohtadi, F., Achkari-Begdouri, A. (2017). Évaluation de la qualité de l'huile de pulpe d'olive vierge de la variété Picholine marocaine. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(2).

Oueslati, I., Anniva, C., Daoud, D., Tsimidou, M. Z., 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(3), 733-741.

Oulebssir, R. (2016). *L'olivier en Kabylie entre mythe et réalités*, Ed. L'Harmattan, Paris.

Özdemir, İ.S., Dağ, Ç., Özinaç, G., Suçoran, Ö., Ertaş, E., Bekiroğlu, S. (2018). Quantification of sterols and fatty acids of extra virgin olive oils by FT-NIR spectroscopy and multivariate statistical analyses. *LWT*, 2018; 91: 125-132.

P

Papoti, V. T., Tsimidou, M. Z. (2009). Looking through the qualities of a fluorimetric assay for the total phenol content estimation in virgin olive oil, olive fruit or leaf polar extract. *Food Chemistry*, 112(1), 246-252.

Perez-Jimenez, F., Ruano, J., Perez-Martinez, P., Lopez-Segura, F., Lopez-Miranda, J. (2007). The influence of olive oil on human health: not a question of fat alone. *Molecular Nutrition Food Research*, 51:1199-1208.

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

Références bibliographiques

Picón-Pagès, P., Garcia-Buendia, J., Muñoz, F. J. (2019). Functions and dysfunctions of nitric oxide in brain. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1865(8), 1949-1967.

Pisoschi, A. M., Pop, A. (2015). European Journal of Medicinal Chemistry, 97, 55-74.

Popovici, C., Saykova, I., Tylkowski, B. (2010). Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH.

Prabha, M. R., Vasantha, K. (2011). Antioxidant, cytotoxicity and polyphenolic content of Calotropis procera (Ait.) R. Br. Flowers. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(7), 136.

Pristouri, G., Badeka, A., Kontominas, M. G. (2010). Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. *Food control*, 21(4), 412-418.

Przychodzen, P., Wyszowska, R., Gorzynik-Debicka, M., Kostrzewa, T., Kuban-Jankowska, A., Gorska-Ponikowska, M. (2019). Anticancer potential of oleuropein, the polyphenol of olive oil, with 2-methoxyestradiol, separately or in combination, in human osteosarcoma cells. *Anticancer Research*, 39(3), 1243-1251.

R

Rallo, L., Díez, C. M., Morales-Sillero, A., Miho, H., Priego-Capote, F., Rallo, P. (2018). Quality of olives: A focus on agricultural preharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 233, 491–509.

Rani, N., Bharti, S., Krishnamurthy, B., Bhatia, J., Sharma, C., Kamal, M. A., Ojha, S., Arya, D. S. (2016). Current pharmaceutical design, 22, 4341-4359.

Rodrigues, N., Casal, S., Pinho, T., Peres, A. M., Bento, A., Baptista, P., Pereira, J. A. (2018). Ancient olive trees as a source of olive oils rich in phenolic compounds. *Food Chemistry*. 1-33.

Rodrigues, J. F., Resende, L. M. B., Silva, L. F. D. O. D., Pedroso, M. P., Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A. (2019). Quality of olive oils from southeastern Brazil. *Bragantia*, 78(4), 479-489.

Rodriguez-Bernaldo de Quiros, A., Lage-Yusty, M.A., Lopez-Hernandez, J. (2009). HPLC analysis of polyphenolic compounds in Spanish white wines and determination of their antioxidant activity by radical scavenging assay. *Food Research International*, 42, 1018–1022.

Références bibliographiques

Rodríguez-Morató, J., Xicota, L., Fitó, M., Farre, M., Dierssen, M., De la Torre, R. (2015). Potential role of olive oil phenolic compounds in the prevention of neurodegenerative diseases. *Molecules*, 20(3), 4655-4680.

Rojas, D., Della Pelle, F., Del Carlo, M., Fratini, E., Escarpa, A., Compagnone, D. (2019). Nanohybrid carbon black-molybdenum disulfide transducers for preconcentration-free voltammetric detection of the olive oil o-diphenols hydroxytyrosol and oleuropein. *Microchimica Acta*, 186(6), 363.

Romana-Souza, B., Saguie, B. O., de Almeida Nogueira, N. P., Paes, M., dos Santos Valença, S., Atella, G. C., Monte-Alto-Costa, A. (2020). Oleic acid and hydroxytyrosol present in olive oil promote ROS and inflammatory response in normal cultures of murine dermal fibroblasts through the NF- κ B and NRF2 pathways. *Food Research International*, 131, 108984.

Romero, N., Saavedra, J., Tapia, F., Sepúlveda, B., Aparicio, R. (2016). Influence of agroclimatic parameters on phenolic and volatile compounds of Chilean virgin olive oils and characterization based on geographical origin, cultivar and ripening stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 583-592.

Rouas, S., Rahmani, M., Antari, A. E., Baamal, L., Idrissi, D. J., Souizi, A., Maata, N. (2016). Effect of geographical conditions (altitude and pedology) and age of olive plantations on the typicality of olive oil in Moulay Driss Zarhoun. *Mediterr. J. Biol*, 1, 128-137.

Rovellini, P., Cortesi, N. (2003). Determination of phenolic compounds in different cultivars during olive drupe ripening by liquid chromatography-mass spectrometry. *Olive*, 95, 32-38.

S

Salvador, M. D., Aranda, F., Fregapane, G. (2001). Influence of fruit ripening on 'Cornicabra' virgin olive oil quality a study of four successive crop seasons. *Food Chemistry*, 73(1), 45-53.

Samaniego-Sánchez, C., Quesada-Granados, J. J., de la Serrana, H. L. G., López-Martínez, M. C. (2010). β -Carotene, squalene and waxes determined by chromatographic method in picual extra virgin olive oil obtained by a new cold extraction system. *Journal of food composition and analysis*, 23(7), 671-676.

Šarolić, M., Gugić, M., Tuberoso, C. I. G., Jerković, I., Šuste, M., Marijanović, Z., Kuš, P. M. (2014). Volatile profile, phytochemicals and antioxidant activity of virgin olive oils from Croatian autochthonous varieties Mašnjača and Krvavica in comparison with Italian variety Leccino. *Molecules*, 19(1), 881-895.

Schwingshackl, L., Lampousi, A. M., Portillo, M. P., Romaguera, D., Hoffmann, G., Boeing, H. (2017). Olive oil in the prevention and management of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of cohort studies and intervention trials. *Nutrition & diabetes*, 7(4), e262-e262.

Références bibliographiques

Seiquer, I., Rueda, A., Olalla, M., Cabrera-Vique, C. (2015). Assessing the bioavailability of polyphenols and antioxidant properties of extra virgin argan oil by simulated digestion and Caco-2 cell assays. Comparative study with extra virgin olive oil. *Food Chemistry*, 188, 496-503.

Sekour, B. (2012). *Phytoprotection de l'huile d'olive vierge (HOV) par ajout des plantes végétales (thym, ail, romarin)* (Doctoral dissertation, Université de Boumerdès-M'hamed Bougara).

Selaimia, R. (2018). Etude de l'huile d'olive d'Algérie. Th. Doct. Chimie Industrielle. Université 8 Mai 1945 .Guelma.17P.

Sena-Moreno, E., Cabrera-Bañegil, M., Pérez-Rodríguez, J. M., De Miguel, C., Prieto, M. H., Martín-Vertedor, D. (2018). Influence of water deficit in bioactive compounds of olive paste and oil content. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(3), 349-359.

Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I., Taticchi, A. (2014). Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants*, 3(1), 1-23.

Sevim, D., Tuncay, O., Koseoglu, O. (2013). The effect of olive leaf addition on antioxidant content and antioxidant activity of "Memecik" olive oils at two maturity stages. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(9), 1359-1369.

Shendi, E. G., Ozay, D. S., Ozkaya, M. T., Ustunel, N. F. (2020). Determination of chemical parameters and storage stability of extra virgin olive oil extracted by Mobile Olive Oil Processing Unit. *OCL*, 27, 6.

Shklar, G., Oh, S. K. (2000). Experimental Basis for Cancer Prevention by Vitamin E. *Cancer investigation*, 18(3), 214-222.

Sicari, V., Leporini, M., Giuffré, A. M., Aiello, F., Falco, T., Pagliuso, M. T., Loizzo, M. R. (2020). Quality parameters, chemical compositions and antioxidant activities of Calabrian (Italy) monovarietal extra virgin olive oils from autochthonous (Ottobratica) and allochthonous (Coratina, Leccino, and Nocellara Del Belice) varieties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-13.

Soufi, O., Romero, C., Hadid, M., Hamoumraoui, K., Louaileche, H. (2018). Characterization of phenolic profile and antioxidant potential of some Algerian olive oils cultivars. *Journal of food quality and hazards control*, 5(2), 49-53.

T

Taepavarapruk, P., Song, C. (2010). Reductions of acetylcholine release and nerve growth factor expression are correlated with memory impairment induced by interleukin-1 β

Références bibliographiques

administrations: effects of omega-3 fatty acid EPA treatment. *Journal of neurochemistry*, 112(4), 1054-1064.

Tahouo, S. F. (2016). Procédures d'extraction globales des composés phytochimiques pour l'évaluation analytique des médicaments à base de plantes (Doctoral dissertation, UFR des sciences pharmaceutiques et biologiques. Cote d'Ivoire).

Tektonidis, T. G., Åkesson, A., Gigante, B., Wolk, A., Larsson, S. C. (2015). A Mediterranean diet and risk of myocardial infarction, heart failure and stroke: a population-based cohort study. *Atherosclerosis*, 243(1), 93-98.

Tombesi, A., Tombesi, S. (2007). Conception et installation de l'olivieraie. In. Techniques de production en oléiculture. 1ère Ed: COI, 17-39.

Torić, J., Brozovic, A., Baus Lončar, M., Jakobušić Brala, C., Karković Marković, A., Benčić, Đ., Barbarić, M. (2020). Biological Activity of Phenolic Compounds in Extra Virgin Olive Oils through Their Phenolic Profile and Their Combination with Anticancer Drugs Observed in Human Cervical Carcinoma and Colon Adenocarcinoma Cells. *Antioxidants*, 9(5), 453.

Tuberoso, C. I., Jerković, I., Maldini, M., Serreli, G. (2016). Phenolic compounds, Antioxidant activity, and other characteristics of extra virgin olive oils from Italian autochthonous varieties Tonda di Villacidro, Tonda di Cagliari, Semidana, and Bosana. *Journal of Chemistry*, 2016.

Tuberoso, C. I., Boban, M., Bifulco, E., Budimir, D., Pirisi, F. M. (2013). "Antioxidant capacity and vasodilatory properties of Mediterranean food: the case of Cannonau wine, myrtle berries liqueur and strawberry-tree honey," *Food Chemistry*, vol. 140, no. 4, pp. 686–691.

U

USDA. (2018). Consumption of vegetable oils worldwide from 2017/2018, by oil type. www.USDA.gov.

V

Vacaresse, N., Vieira, O., Robbesyn, F., Jürgens, G., Salvayre, R., Negre-Salvayre, A. (2001). Phenolic antioxidants trolox and caffeic acid modulate the oxidized LDL-induced EGF-receptor activation. *British journal of pharmacology*, 132(8), 1777-1788.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39(1), 44-84.

Références bibliographiques

Veillet, S. (2010, June). Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive: Entre Tradition et Innovation. Avignon.

Vidal, A. M., Alcalá, S., de Torres, A., Moya, M., Espínola, F. (2018). Use of talc in oil mills: Influence on the quality and content of minor compounds in olive oils. *LWT*, 98, 31-38.

Visioli, F., & Galli, C. (2002). Biological properties of olive oil phytochemicals. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(3), 209-221.

X

Xiang, Q., Gao, Y., Xu, Y.H. (2007). Capillary electrophoresis-amperometric determination of antioxidant propylgallate and butylated hydroxyanisole in foods. *Analytical Science*, 23(6), 713-717.

Y

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

Yehye, W. A., Rahman, N. A., Ariffin, A., Abd Hamid, S. B., Alhadi, A. A., Kadir, F. A., Yaeghoobi, M. (2015). *European Journal of Medicinal Chemistry*, 101, 295-312.

Yorulmaz, A., Yavuz, H., Tekin, A. (2014). Characterization of Turkish olive oils by triacylglycerol structures and sterol profiles. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(12), 2077-2090.

Yubero-Serrano, E. M., Lopez-Moreno, J., Gomez-Delgado, F., Lopez-Miranda, J. (2019). Extra virgin olive oil: More than a healthy fat. *European journal of clinical nutrition*, 72(1), 8-17.

Z

Zanoni, B., Bertuccioli, M., Rovellini, P., Marotta, F., Mattei, A. (2005). A preliminary approach to predictive modelling of extra virgin olive oil stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(9), 1492-1498.

Résumé

Le travail entrepris dans ce mémoire a pour but de caractériser certaines variétés d'huiles d'olive. Huit variétés provenant de différents pays ont été abordées : variétés italiennes (*Bosana, Semidana*), espagnoles (*Hojiblanca, Arbequina*), tunisiennes (*Chétoui, Chemlali*) et les variétés algériennes (*Chemlal et Blanquette de Guelma*). Le premier aspect traité dans ce travail consiste à déterminer la composition des huiles en molécules bioactives tels que les phénols totaux, ortho-diphénols, flavonoïdes et pigments. Ainsi que l'évaluation de la stabilité à l'oxydation et l'activité anti-oxydante et anti-radicalaire rapportée par différentes méthodes complémentaires (le pouvoir réducteur, le test DPPH, FRAP et le test ABTS). Des variations dans les teneurs en substances bioactives sont révélées. Elles sont dues à l'impact de plusieurs facteurs tels que la variété, la région géographique, le climat, le stade de maturation des olives, stockage, mode d'extraction...etc. Ainsi, la capacité anti-oxydante des échantillons suit le même ordre que celui des teneurs en antioxydants principalement les polyphénols.

Mots clés : Variété, huile d'olive, molécules bioactives, polyphénols, activité anti-oxydante, facteurs.

Abstract

The work undertaken in this paper aims to characterize some varieties of olive oils. Eight varieties from different countries have been addressed: Italian (*Bosana, Semidana*), Spanish (*Hojiblanca, Arbequina*), Tunisian (*Chétoui, Chemlali*) and Algerian varieties (*Chemlal and Blanquette de Guelma*). The first aspect treated in this work is to determine the composition of oils in bioactive molecules such as total phenols, ortho-diphenols, flavonoids and pigments. As well as the evaluation of the oxidation stability and the anti-oxidant and anti-radical activity reported by different complementary methods (reducing power, DPPH test, FRAP and ABTS test). Variations in the levels of bioactive substances are revealed. They are due to the impact of several factors such as variety, geographical region, climate, olive ripening stage, storage, extraction method, etc... Thus, the antioxidant capacity of the samples follows the same order as the antioxidant contents, mainly polyphenols.

Key words: Varieties, olive oil, bioactive molecules, polyphenols, antioxidant activity, factors.

ملخص

يهدف العمل المنجز في هذه الأطروحة إلى وصف أنواع معينة من زيت الزيتون. تمت مناقشة ثمانية أصناف من بلدان مختلفة: الأصناف الإيطالية (*بوسانا ، سيميديانا*) ، الإسبانية (*هوجيبلانكا ، أربيكينا*) ، التونسية (*شيتوي ، شملاي*) والأصناف الجزائرية (*شملاي و بلانكيت قالما*). يتمثل الجانب الأول الذي تمت معالجته في هذا العمل في تحديد تركيبة الزيوت في الجزيئات النشطة بيولوجيًا مثل الفينولات الكلبة والأورثو ديفينول والفلافونويد والأصباغ. بالإضافة إلى تقييم ثبات الأكسدة والنشاط المضاد للأكسدة ومضاد الجذور الحرة الذي تم الإبلاغ عنه بواسطة طرق متكاملة مختلفة (نشاط ارجاعي ، اختبار DPPH ، اختبار FRAP واختبار ABTS). تم الكشف عن الاختلافات في محتوى المواد النشطة بيولوجيا. وهي نتيجة لتأثير عدة عوامل مثل التنوع ، المنطقة الجغرافية ، المناخ ، مرحلة نضج الزيتون ، التخزين ، وطريقة الاستخلاص... إلخ. وبالتالي ، فإن القدرة المضادة للأكسدة للعينات تتبع نفس ترتيب المحتوى من حيث مضادات الأكسدة ، وخاصة البوليفينول.

الكلمات المفتاحية: النوع ، زيت الزيتون ، جزيئات نشطة بيولوجيا ، بوليفينول ، نشاط مضاد للأكسدة ، عوامل.