

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

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Sciences Alimentaires**  
**Filière : Sciences Alimentaires**  
**Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire**



**Réf:.....**

**Mémoire de Fin de Cycle**  
**En vue de l'obtention du diplôme**

**MASTER**

***Thème***

**Evaluation de la qualité de quelques huiles d'olive  
commerciales de la région de Béjaïa.**

**Présenté par :**

**DIDOUCHE Hayat & CHENOUGA Souha**

**Soutenu le : 02/07/2024**

**Devant le jury composé de :**

**Mme. TAFININE Z.**

**MCA**

**Président**

**Mme. BOUARROUDJ Kh.**

**MCB**

**Encadreur**

**M. BENRAMDANE E.**

**MAB**

**Examineur**

**Année universitaire : 2023 / 2024**

## ***Remerciement***

*Nous débutons en exprimant notre reconnaissance à Dieu pour nous avoir accordé le courage, la patience et la force nécessaires à la réalisation de ce travail. À la fin de cette étude, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice, Mme Bouarroudj Khalida pour sa guidance experte, ses conseils éclairés et son soutien constant tout au long de ce travail*

*Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements à Mme Tafinine Zina d'avoir présidé notre jury avec bienveillance. À Monsieur Benramdane Elias pour avoir examiné notre travail.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude à tous les membres du laboratoire d'analyse physico-chimique des aliments. Leur expertise technique, leur disponibilité et leur soutien ont été d'une aide précieuse dans la réalisation des expériences et l'analyse des données nécessaires à ce mémoire.*

*Enfin, nos remerciements vont à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce travail de recherche. Leur collaboration et leur soutien ont été des facteurs déterminants dans l'accomplissement de ce projet académique.*

## ***Dédicace***

*Ce mémoire est dédié en premier lieu à mon frère Rabah, dont le soutien indéfectible tout au long de mon parcours académique a été une source d'inspiration constante.*

*À mes parents, que le bon Dieu les protège, pour leur soutien inébranlable et leurs encouragements tout au long de cette aventure. Leur amour et leur soutien ont été des piliers essentiels dans la réalisation de ce mémoire.*

*À mes sœurs Djamila et Ghania, ainsi qu'à mon petit frère Rachid, pour leur soutien moral et leur compréhension tout au long de mes études. Leur présence et leur soutien ont été une source de réconfort et de motivation.*

*À mes chères voisines Houria et Davia, ainsi qu'à mes précieuses amies Amel, Sonia, Wissam et Lamia, je dédie ce mémoire. Leur amitié sincère, leurs encouragements constants et leur soutien indéfectible ont enrichi mon parcours académique d'une manière inestimable.*

*À ma chère binôme Souha et toute la promotion de CQAA(2023/2024)*

***HAYAT***

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à mes parents.*

*À ma mère Dalila, mon soutien et tout mon amour et ma tendresse. À mon père Djamel Chenouga, qui a été mon ange gardien à chaque étape de ma vie. Leur foi en moi, leur soutien inébranlable, leur amour et leurs sacrifices ont rendu ce projet possible.*

*À mes frères et sœurs, Sadek, Ouissal, et Abdelghafour, pour leur soutien moral et leur aide précieuse.*

*À ma famille Chenouga, en particulier à la mémoire de ma grand-mère Ghmoud, dont l'inspiration et les enseignements continuent de guider mes pas. Puisse-t-elle reposer en paix et trouver la sérénité. À ma grand-mère Khmissa, que Dieu lui accorde une longue vie.*

*À mes oncles : Ennaji, Makki, Eltounsi, et Farid, ainsi qu'à mes tantes que j'aime profondément : Ghaliya, Ghaniya, Hassina, Noura, Souad, et Manissa.*

*À mes amies : Hayat, Takoua, Lina, Rabiha, et Amal, pour leur soutien, leur compréhension, et les moments partagés qui ont rendu ce parcours plus agréable, ainsi que pour leur soutien lors de ma maladie.*

*À mes amis et collègues, Djobrane et Mohamed, pour leur aide précieuse et leurs conseils avisés.*

***Souha***

## Liste des abréviations

**A%** : Acidité libre.

**AG** : Acide Gras.

**AGI** : Acide Gras Insaturé.

**AGMI** : Acide Gras Mono-Insaturé.

**AGPI** : Acide Gras Poly-Insaturé.

**AGS** : Acide Gras Saturé.

**A $\lambda$**  : L'Absorbance.

**COI** : Conseil Oléicole Internationale.

**d** : Densité relative.

**H** : Hectare.

**IP** : Indice de Peroxyde.

**K** : Coefficient d'extinction spécifique.

**DSA** : Direction des Services Agricoles.

**m $\acute{e}q$**  : milliéquivalent.

**N** : Normalité.

**nm** : nanomètre.

**K<sub>225</sub>** : Indice de réfraction.

**ppm** : Partie par million.

**UV** : Ultra-Violet.

**V/V** : Volume/Volume.

**hl** : Hectolitre.

**VOO** : virgin olive oil.

## Liste des tableaux

<b>Tableau I :</b> Principales variétés d'oliviers cultivées en Algérie.....	5
<b>Tableau II :</b> Structure et caractéristiques du fruit d'olivier.....	7
<b>Tableau III :</b> Composition chimique de l'olive.....	8
<b>Tableau IV:</b> composition en acides gras d'une huile d'olive.....	12
<b>Tableau V:</b> production mondiale de l'huile d'olive.....	18
<b>Tableau VI :</b> Production de l'huile d'olive en Algérie.....	18
<b>Tableau VII :</b> La production de l'huile d'olive dans la wilaya de Bejaia.....	19
<b>Tableau VIII :</b> Indices physiques (indice de réfraction, densité, viscosité) des différents échantillons d'huiles d'olives étudiés.....	30
<b>Tableau IX:</b> classification des sept échantillons d'huiles étudiées en fonction de leurs indices de qualité.....	35
<b>Tableau X :</b> Profil en acide gras (%) des échantillons d'huiles étudiées.....	36

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Echantillons de l'huile d'olive commerciales de différentes régions de Bejaïa.....	22
<b>Figure 2</b> : Répartition géographique des sept échantillons d'huiles d'olives étudiés.....	22
<b>Figure 3</b> : l'acidité des huiles d'olive étudiés.....	31
<b>Figure 4</b> : Indice de peroxyde des huiles d'olive étudiés.....	33
<b>Figure 5</b> : Absorbance spécifique à 232 nm des échantillons d'huiles étudiés.....	34
<b>Figure 6</b> : Absorbance spécifique à 270 nm des échantillons d'huiles étudiés.....	34
<b>Figure 7</b> : Teneur en chlorophylles des échantillons d'huiles d'olive étudiées.....	38
<b>Figure 8</b> : Teneur en caroténoïdes des huiles d'olive étudiées.....	39
<b>Figure 9</b> : Teneur en polyphénols totaux des huiles étudiés.....	40
<b>Figure 10</b> : Teneur en <i>ortho-diphénols</i> des huiles d'olive étudiées.....	42
<b>Figure 11</b> : Indice d'amertume des huiles d'olives étudiés.....	43

# Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction.....1**

## Synthèse bibliographique

I. Généralités sur l'olivier.....	3
I.1. Historique et origines .....	3
I.2. Description et classification de l'olivier.....	3
I.2.1. Oliviers Sauvages (Oléastres).....	4
I.2.2. Oliviers Cultivés.....	4
I.3. Principales variétés d'olivier en Algérie .....	4
I.4. Le fruit de l'olivier (l'olive) .....	7
I.4.1. Structure et caractéristiques de l'olive .....	7
I.4.2. Composition chimique de l'olive .....	7
II. L'huile d'olive.....	9
II.1. Définition de l'huile d'olive.....	9
II.2. Classification de l'huile d'olive.....	9
II.2.1. Les huiles d'olive vierges.....	9
II.2.2. Huile d'olive raffinée.....	9
II.2.3. Huile de grignons d'olive.....	10
II.3. Procédé de production de l'huile d'olive.....	10
II.4. Composition chimique de l'huile d'olive.....	11
II.4.1. Fraction saponifiable (fraction huileuse).....	12
II.4.1.1. Les acides gras.....	12
II.4.1.2. Les triglycérides.....	13
II.4.2. Fraction insaponifiable.....	13
II.4.2.1. Les Stérols.....	13
II.4.2.2. Les tocophérols.....	13
II.4.2.3. Les pigments.....	13
II.4.2.4. Les substances aromatiques.....	14
II.4.2.5. Les hydrocarbures .....	15

II.4.2.6.Les composés phénoliques .....	15
II.5. Marché économique de l'huile d'olive .....	17
II.5.1.Production de l'huile d'olive dans le monde .....	17
II.5.2.Production de l'huile d'olive en Algérie .....	18
II.5.3.Production de l'huile d'olive dans la wilaya de Bejaia .....	19
III. Critères d'évaluation de la qualité de l'huile d'olive.....	20
III.1.Critère organoleptiques .....	20
III.2.Critère physico chimique .....	21
III.2.1. Acidité .....	21
III.2.2.Indice de peroxyde .....	21
III. 2.3.Absorbance spécifique dans l'UV.....	21

## **Partie expérimentale**

### **Partie I : Matériel et méthodes**

1. Echantillonnage .....	22
2.Détermination des indices de qualité des huiles.....	23
2.1.Indices physiques.....	23
2.1.1.Densité .....	23
2.1.2. Viscosité.....	23
2.1.3.Indice de réfraction.....	24
2.2. Indices chimiques .....	24
2.2.1. Acidité .....	24
2.2.2. Indice de peroxyde .....	25
2.2.3.Détermination de l'extinction spécifique dans l'ultraviolet .....	25
3. Profil en acides gras des huiles.....	26
3.1. Analyse par chromatographie en phase gazeuse.....	26
3.1.1. Préparation des esters méthyliques.....	26
3.1.2. Dosage qualitatif et quantitatif.....	26
4. Dosage des pigments .....	27
5. Extraction et dosage des composés phénoliques totaux .....	27
5.1.Méthodes colorimétriques .....	27
5.1.1.Extraction des polyphénols totaux.....	27
5.1.2. Dosage des polyphénols .....	28

5.1.3. Dosage des ortho-diphénols .....	28
6. Détermination de l'indice d'amertume $K_{225}$ .....	28
7. Analyse statistique.....	29

## **Partie II : Résultats et discussion**

1. Indices physiques .....	30
2. indices chimiques.....	31
2.1. Acidité .....	31
2.2. Indice de peroxyde .....	32
2.3. Absorbance spécifique dans l'ultraviolet.....	33
3. Profil en acide gras .....	36
4. Dosage des pigments.....	38
4.1. Chlorophylles.....	38
4.2. Caroténoïdes.....	39
5. Les composés phénoliques .....	40
5.1. Dosage colorimétrique.....	40
5.1.1. Les polyphénols totaux.....	40
5.1.2. Les ortho-diphénols .....	41
6. Indice d'amertume .....	42
<b>Conclusion.....</b>	<b>44</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### **Résumé**

# *Introduction*

L'olivier (*Olea europaea* L.), connu pour son fruit (l'olive), joue un rôle capital dans l'économie de la région méditerranéenne, principalement en tant que source majeure d'huile d'olive. Il est largement cultivé le long des zones côtières du bassin méditerranéen oriental, ainsi que dans les régions voisines du sud-est de l'Europe, de l'ouest de l'Asie, de l'Afrique du Nord et du nord de l'Iran, jusqu'à l'extrémité sud de la mer Caspienne. Bien que l'olivier soit désormais cultivé dans diverses régions du monde, la région méditerranéenne reste le principal centre de production, assurant environ 98 % de la production mondiale d'olives (**Ghanbari, 2012**).

Malgré son coût élevé par rapport aux autres huiles végétales, l'huile d'olive est largement appréciée pour ses bienfaits nutritionnels et thérapeutiques avérés, c'est un élément essentiel de la cuisine méditerranéenne, caractérisée par son goût distinctif dans des plats comme le couscous, les salades et les pâtes. De plus, elle revêt d'une importance économique significative, au cours de ces dernières décennies, sa production a triplé, illustrant son rôle fondamental dans l'économie mondiale (**Boskou, 2015 ; Amziane, 2023**).

L'Algérie, classée 9<sup>ème</sup> producteur mondial d'huile d'olive et 3<sup>ème</sup> en Afrique du Nord, la consommation varie de 2 à 24 litres par habitant et par an selon les régions. En Kabylie, la moyenne est de 11,1 litres par habitant et par an (**Saoudi et al., 2024**).

Près de 30 % des consommateurs d'huile d'olive sont également producteurs, et plus de 80% de ces producteurs-consommateurs se trouvent en Kabylie (Tizi-Ouzou, Bejaïa, Bouira...). Pour certains, la production oléicole représente une source importante de revenus (**Amziane, 2023**).

La région de Bejaïa, avec son potentiel agricole, se distingue par une expansion croissante des plantations d'oliviers et d'autres cultures fruitières, elle est reconnue comme un pôle majeur de production d'huile d'olive en Algérie, couvrant près de 60 000 hectares, soit plus de 70 % de la superficie arboricole totale de la région. Bejaïa occupe la première place en Algérie pour la production de l'huile d'olives, contribuant à environ 25 % de la production nationale (**Meradi et al., 2023**).

La qualité de l'huile d'olive est déterminée par des normes internationales strictes établies par plusieurs organisations. Historiquement, seulement 15 % de la production

algérienne est classée dans les catégories d'huiles vierges et extra vierges, bien que l'intérêt pour la production d'huile d'olive de qualité soit en hausse (**Douzane *et al.*, 2021**).

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, dont l'objectif est d'analyser les caractéristiques physico-chimiques de sept huiles d'olives commerciales produites dans la région de Bejaia (Sidi Aich, Remila, Takrietz, Beni Maouche ,Tichy , Akbou ,Ifnayen ). Ce travail est scindé en deux principales parties: une revue bibliographique qui explore les concepts généraux sur l'olivier et l'huile d'olive et les divers paramètres liés à sa qualité, suivie d'une partie expérimentale détaillant le matériel et les méthodes d'analyses utilisés, ainsi que l'analyse et la discussion des résultats obtenus.

*Synthèse*

*bibliographique*

## **I. Généralités sur l'olivier**

### **I.1. Historique et origine**

L'olivier fait partie des premiers arbres à avoir été cultivés par l'homme avec le figuier et le dattier, arbre spécifique du bassin méditerranéen, il a toujours été considéré comme le symbole de la sagesse, de la paix, de la richesse et de la gloire. Cet arbre c'est parfaitement adapté au climat tempéré, aux sols rocheux et calcaires, et ne nécessite pas d'apport de fertilisants **(Zohary et Spiegel-Roy., 1975 ; Benlemlih et Ghanam., 2012)**.

La domestication de cet arbre est principalement due aux anciennes civilisations de la région levantine, y compris la Syrie et la Palestine, avant de s'étendre à l'Égypte et au reste de la Méditerranée. Cette diffusion a été grandement facilitée par les Phéniciens grâce à leurs réseaux de commerce maritime **(Zohary et al., 2012)**.

En Grèce et à Rome antiques, l'olivier était économiquement important grâce à son huile qui été utilisée dans la cuisine, l'éclairage et les rites religieux. Les Romains ont amélioré les techniques de culture et de pressage, favorisant une production et une diffusion à grande échelle **(Toussaint-Samat., 2009)**. Après un déclin au Moyen Âge, la culture de l'olivier a repris en Europe, en particulier, dans les régions méditerranéennes notamment en Italie, en Espagne et en France, grâce à un climat plus stable et des techniques améliorées, préfigurant l'industrie moderne de l'huile d'olive **(Vossen., 2007)**.

Au 20<sup>ème</sup> siècle, la production d'huile d'olive s'est généralisés avec des nouvelles plantations en Amérique du Nord, Amérique du Sud, en Australie ainsi qu'en Afrique du Sud. Les recherches agronomiques ont permis de sélectionner des variétés plus résistantes et productive, et la reconnaissance des bienfaits de l'huile d'olive pour la santé a augmenté sa popularité mondiale **(Kailis et Harris., 2007)**.

### **I.2. Description et classification de l'olivier**

L'olivier est un arbre fruitier de la famille des *Oléacées*, est réputé pour sa robustesse et sa capacité à vivre plusieurs siècles, il est principalement cultivé pour ses fruits, les olives, ainsi que pour l'huile extraite de ces dernières, essentielle dans la cuisine méditerranéenne et d'une grande importance économique et culturelle **(Fabbri et Bartolini., 2002)**. Cet arbre à feuillage persistant peut atteindre une hauteur variant entre 3 et 12 mètres. Il se caractérise par un tronc souvent tortueux et une écorce grisâtre. Ses feuilles, opposées et de forme lancéolée, présentent une face supérieure vert foncé et une face inférieure argentée, ce qui permet de réduire la perte d'eau par évaporation **(Janick et Paull., 2008)**.

Le genre est appelé *Olea* et comporte 30 espèces différentes réparties sur la surface du globe. L'espèce cultivée dans le bassin méditerranéen est l'*Olea europea*, dans laquelle on rencontre l'oléastre ou olivier sauvage (*Olea europaeavar. oleasterou sylvestris*), et l'olivier cultivé (*Olea europeavar. europea*) (Hannachi *et al.*, 2010).

### **I.2.1. Oliviers Sauvages (Oléastres)**

Les oléastres, ou olives sauvages, sont généralement des arbustes assez répandu dans les régions méditerranéennes. Leur croissance se fait sans intervention humaine, et ils produisent des fruits plus petits et plus amers que les variétés cultivées. On distingue les oléastres vrais, qui poussent dans des zones non perturbées, et des formes férales, qui apparaissent dans des habitats secondaires suite à des hybridations avec des cultivars ou des semis de clones cultivés (Belaj *et al.*, 2010).

### **I.2.2. Oliviers Cultivés**

Les oliviers cultivés sont des variétés d'oliviers sélectionnées par l'homme pour produire des olives et de l'huile d'olive. Elles se caractérisent par des fruits plus gros et moins amers que les olives sauvages. Ces variétés sont adaptées pour être cultivées dans diverses régions et sont souvent plantées dans des vergers ou des plantations spécialement aménagés pour maximiser leur rendement (Kostelenos et Kiritsakis, 2017).

## **I.3. Principales variétés d'olivier en Algérie**

L'Algérie, comme tous les pays méditerranéens, a une longue histoire de la culture de l'olivier, avec sa grande diversité bioclimatique, il constitue un grand réservoir de ressources oléicoles (Boukhari *et al.*, 2020). Les principales variétés algériennes d'olivier ont été répertoriées dans le catalogue des variétés algériennes (Tableau I)

**Tableau I** : Principales variétés d'oliviers cultivées en Algérie

Variétés	Origine	Utilisation	Le rendement en huile
Abani	Vallée Oued El Arabe – Chechar(Khenchela)	Huile	16 à 20%
Aberkane	Akbou (Bejaïa)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Aaleh	Chechar (Khenchela)	Huile	18 à 22 %
Aghchren d'El Ousseur	Bougaa (Sétif)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Aghchren de Titest	Hammam Guergour (Sétif)	Huile et olives de table	14 à 18 %
Aghenfas	Bougaa (Sétif)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Agrarez	Tazmalt (Bejaïa)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Aguentaou	Bousselah (Sétif)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Aharoun	Haute vallée Soummam	Huile et olives de table	18 à 22 %
Aimel	Ait aimel (Bejaia)	Huile	18 à 22 %
Akerma	Hammam Guergour (Sétif)	Huile et olives de table	18 à 22 %
Azeradj	Kabylie (Région de sedouk –W de Bejaïa)	Huile et olives de table	24 à 28 %
Blanquette de Guelma	Guelma	Huile	18 à 22 %
BouchoukGuergour	Guergour (Sétif)	Huile et olives de table	22 à 26 %
Bouchouklafayette	Bougaa (Sétif)	Huile et olives de table	22 à 26 %
BouchoukSoummam	Sidi-aich (Bejaia)	Huile et olives de table	22 à 26 %

Boughenfous	Bouandas	Huile	22 à 26 %
Bouichret	Tazmalt (Bejaia)	Huile	20 à 24 %
Boukaila	Constantine	Huile	16 à 20 %
Bouricha	El Harrouch (Skikda)	Huile	18 à 22%
Chemlal	Kabylie	Huile	18 à 22 %
Ferkani	Ferkane (Tebessa)	Huile	28 à 32 %
Grosse du Hamma	Hamma (Constantine)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Hamra	Jijel	Huile	18 à 22 %
Limli	Sidi aich (Bejaia)	Huile	20 à 24 %
Longue de Miliana	Miliana	Huile et olives de table	16 à 20 %
Mekki	Khenchla	Huile	12 à 16 %
NebDjemel	Vallée d'oueElArab(cherchar– Khenchla)	Huile	16 à 20 %
Ronde de Miliana	Valée de Miliana (Ain Defla)	Huile et olives de table	16 à 20 %
Rougette de Mitidja	Plaine de Mitidja	Huile	18 à 20 %
Sigoise	Plane de sig (Mascara)	Huile et olives de table	18 à 22 %
Souidi	Chechar (Khenchla)	Huile	
Tabelout	Zone montagneuse de golf de Bejaïa (Versant nord des Babors)	Huile	20 à 24 %
Tefah	Sedouk (Bejaia)	Huile et olives de table	18 à 22 %
Takesrit	El kseur (Bejaia)	Huile	16 à 20 %
Zeletni	Chechar (Khenchla)	Huile	14 18 %

#### **I.4. Le fruit de l'olivier (l'olive)**

##### **I.4.1. Structure et caractéristiques de l'olive**

Le fruit de l'olivier est une drupe charnue qui présente une forme généralement ovoïde ou ellipsoïde, et une peau lisse, cette forme varie selon la variété, le sol et le climat. De dimension (1 et 4 cm) et le poids varie entre 1 et 6g. Il se compose de trois parties distinctes : la cuticule, appelée également l'épicarpe, la pulpe, appelée le mésocarpe, et le noyau, connu sous le nom d'endocarpe (Tableau II). Les olives se distinguent par leur goût amer prononcé qui s'atténue avec la maturation des fruits, durant laquelle la couleur de la peau évolue du vert au jaune clair, au violet-rouge et au violet-noir (**Bianchi, 2003 ; Conte *et al.*, 2020**).

**Tableau II** : Structure et caractéristiques du fruit d'olivier (**Bianchi, 2003**)

Composants	Pourcentage	description
Épicarpe	10 à 30 %	une enveloppe protectrice, sa couleur évolue du vert vif au noir à cause de l'accumulation de pigments comme les chlorophylles, les caroténoïdes et les anthocyanes.
Mésocarpe	71,5 à 80,5 %	La pulpe de l'olive, représentant la majeure partie de son poids est essentiellement composée d'eau (70 à 75 %) et de matières grasses (30 % dans les olives noires mûres)
Endocarpe	18 à 22 %	Représente une partie significative du poids de l'olive, contenant les noyaux qui comptent 2 à 4 % de ce poids. Les noyaux renferment une quantité importante d'huile, entre 22 et 27% .

##### **I.4.2. Composition chimique de l'olive**

L'olive renferme une quantité considérable d'eau, de protéines, des polysaccharides, des minéraux et des composés mineurs (Tableau III) qui confèrent à l'huile d'une part, une partie de ses qualités gustatives et nutritionnelles et d'autre part, sa stabilité oxydative. Cette composition est conditionnée par le cultivar, les conditions Edapho-climatiques, ainsi que le degré de maturité des olives (**Zarrouk *et al.*, 1996 ; Gomez-Rico *et al.*, 2008**).

**Tableau III :** Composition chimique de l'olive (Conte *et al.*, 2020)

<b>Composants</b>	<b>Pourcentage</b>
Eau	60 à 75 %
Lipides	10 à 25 %
Sucres réducteurs	2 à 5 %
Substances phénoliques	1 à 3 %
Tocophérols Caroténoïdes Minéraux	Quantités Appréciables

## **II. L'huile d'olive**

### **II.1. Définition de l'huile d'olive**

Selon le **Codex Alimentarius (1981)**, l'huile d'olive est l'huile obtenue uniquement à partir du fruit de l'olivier (*Olea europaea*L.), à l'exclusion des huiles obtenues à l'aide de solvants ou de procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autres types. Les huiles d'olive vierges (VOO), telles que définies par le Conseil Oléicole International (COI), sont des extraits purs du fruit de l'olivier, obtenus exclusivement par des méthodes mécaniques ou physiques spécifiques. Ces processus, incluant le lavage, la décantation, la centrifugation ou la filtration, sont effectués dans des conditions contrôlées, notamment thermiques, afin de préserver l'intégrité de l'huile sans recourir à aucun traitement chimique

### **II.2. Classification de l'huile d'olive**

Une huile d'olive ne peut être obtenue que par des procédés physiques sans intervention de solvants. Cependant, cette définition est incomplète et d'autres critères permettent de répertorier les huiles en différentes sous-catégories (**COI, 2018**).

#### **II.2.1. Les huiles d'olive vierges**

Sont obtenues exclusivement à partir du fruit de l'olivier par des procédés mécaniques ou physiques préservant leur pureté et leurs caractéristiques naturelles et on distingue :

- L'huile d'olive vierge extra : cette catégorie comprend les huiles d'olive vierges avec une acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépassant pas 0,80 g pour 100 g.
- L'huile d'olive vierge : cette catégorie englobe les huiles d'olive vierges avec une acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépassant pas 2 g pour 100 g,
- L'huile d'olive vierge ordinaire : ces huiles présentent une acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépassant pas 3,3 g pour 100 g (**COI, 2022**)

#### **II.2.2. Huile d'olive raffinée**

Elle est obtenue à partir d'huile d'olive vierge par un processus de raffinage préservant la structure glycéridique initiale. Elle présente une acidité libre ne dépassant pas 0,30 g pour 100 g et répond aux autres critères physico-chimiques et organoleptiques établis pour cette catégorie (**COI., 2022**).

### **II.2.3. Huile de grignons d'olive**

Cette huile est extraite en traitant les résidus de l'olive avec des solvants ou d'autres méthodes physiques, à l'exclusion des procédés de ré-stérilisation ou de mélange avec d'autres types d'huiles (COI., 2022).

### **II.3. Procédé de production de l'huile d'olive**

La technologie d'obtention de l'huile d'olive est un processus minutieux qui transforme les olives fraîchement récoltées en une huile prisée pour ses qualités gustatives et ses bienfaits pour la santé. Ce processus combine tradition et technologie moderne pour extraire l'huile des olives tout en préservant ses arômes naturels et ses composés nutritionnels.

Les opérations préliminaires auxquelles doivent être soumises les olives avant l'extraction sont l'effeuillage et le lavage. Selon **Amirante et al., (2017)**, les différentes étapes permettant l'extraction de l'huile sont les suivantes :

- **Récolte et transport**

Les méthodes de récolte incluent la cueillette à la main, les dispositifs mécaniques portables et les véhicules spéciaux équipés de bras vibrants et de filets. Chaque méthode a ses avantages et inconvénients en termes de coût, efficacité et impact sur les arbres. Il est également important d'éviter les dommages aux olives pour préserver la qualité de l'huile.

- **Lavage**

Après la récolte, les olives peuvent contenir diverses impuretés comme des feuilles, des branches, de la terre, de la poussière et des fragments de pierre. Pour assurer la qualité de l'huile d'olive, les olives sont généralement nettoyées avec un écran vibrant ou un souffleur pour enlever les feuilles et autres débris légers et à la fin lavage avec l'eau.

- **Broyage**

Est la première phase du processus d'extraction. L'objectif de la phase de broyage est la réduction de la taille des tissus de l'olive et la rupture des cellules végétales afin de faciliter la libération de l'huile au moyen d'une forte action mécanique. La pâte d'olive obtenue est acheminée vers l'étape suivante.

- **Malaxage**

Après le broyage, les olives sont transformées en une pâte qui est malaxée dans des cuves spéciales appelées malaxeurs. Ces réservoirs semi-cylindriques sont équipés de

lames en acier inoxydable et de bras rotatifs, essentiels pour homogénéiser la pâte d'olive en vue de la séparation de l'huile. La malaxation favorise la fusion des petites gouttelettes d'huile dispersées en gouttes plus grandes. Cette action facilite leur séparation ultérieure lors du traitement mécanique, améliorant ainsi l'efficacité de l'extraction d'huile d'olive.

- **Séparation des phases (extraction de l'huile)**

L'extraction de l'huile se fait par pressage et centrifugation :

- **Extraction par pressage** : C'est le processus traditionnel de séparation de l'huile d'olive, qui commence par un pressage hydraulique, où la pâte d'olive est comprimée entre des disques avec l'ajout d'eau. La pression sépare la pâte en une phase liquide (eau et huile) et une phase solide appelée grignon d'olive. Ensuite, la phase liquide est soumise à une centrifugation verticale pour une séparation plus poussée (**Gómez-Cruz et al., 2024**).
- **Extraction par centrifugation** : Le processus d'extraction continue de l'huile d'olive utilise un décanteur industriel pour séparer les différentes phases par centrifugation, basé sur les différences de densité des composants de la pâte d'olive (huile, eau, résidus insolubles). Ce décanteur peut être utilisé dans des systèmes triphasés ou biphasés avec quelques ajustements (**Gómez-Cruz et al., 2024**).

Dans le système d'extraction à trois phases, un décanteur horizontal est utilisé pour séparer la pâte d'olive en trois composants distincts par centrifugation continue. Initialement, entre 350 et 700 litres d'eau par tonne de pâte sont ajoutés pour faciliter le processus. La centrifugation permet de séparer l'huile d'olive, l'eau végétale (margine d'olives), et les grignons d'olive (environ 40 à 57 kg pour 100 kg d'olives) (**Gómez-Cruz et al., 2024**).

Dans le système d'extraction à deux phases, la pâte d'olive est centrifugée pour séparer l'huile d'olive des grignons d'olive sans l'ajout d'eau (**Gómez-Cruz et al., 2024**).

#### **II.4. Composition chimique de l'huile d'olive**

La composition de l'huile d'olive se divise en deux fractions distinctes : la fraction saponifiable, prédominante, représente 97 à 98 % de son ensemble ; et la fraction insaponifiable, minoritaire regroupe divers composants, formant environ 2 % de l'huile totale (**Blanco-Benítez et al., 2022**).

#### II.4.1. Fraction saponifiable (fraction huileuse)

On entend par fraction saponifiable l'ensemble des constituants qui réagit à la soude ou à la potasse pour donner un savon (**souhhi., 1990**), elle comprend principalement des triglycérides (98%) avec des quantités moindres de di glycérides et des acides gras libres (1–2%) (**Di Stefano et Melilli ., 2020**)

##### II.4.1.1. Les acides gras

Comparée à d'autres huiles végétales, l'huile d'olive est caractérisée par sa richesse en acides gras monoinsaturés (AGM), dont l'acide gras principal est l'acide oléique(C18 :1) qui représente 55% à 83%. L'huile d'olive est également constituée d'un pourcentage modéré d'acides gras polyinsaturés(AGP) essentiels tels que l'acide linoléique et l'acide linoléique et d'acides gras saturés comme l'acide palmitique et l'acide stéarique (**Shahidi et Zhong., 2010 ; Frankel, 2012**).

La composition en acide gras est très variable et dépend de la variété d'olives, la région de production et de l'année de la récolte (influence des conditions environnementales). Des normes telles que celle du Conseil Oléicole International (COI), régulent cette variabilité en fixant des limites sur les proportions de chaque acides gras (Tableau IV).

**Tableau IV:** composition en acides gras d'une huile d'olive (**COI., 2023**)

Acide gras	Formule brute	Limite 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 béhénique	C22 : 0	≤ 0,2
Acide lignocérique	C24 : 0	≤ 0,2

#### **II.4.1.2. Les triglycérides**

Les triglycérides sont des molécules lipidiques composées d'un glycérol liée à trois acides gras. Dans l'huile d'olive, ils constituent la majeure partie des graisses présentés (**Paiva-Martins et Kiritsakis., 2017**).

Les principaux triglycérides dominants trouvés dans l'huile d'olive sont : trioléine(OOO) qui est le plus abondant ,palmitodioléine(POO), palmitooleolinoléin(POL) et Linoleodioléin(LOO), ces derniers sont principalement composés d'acide oléique (un acide gras monoinsaturé), ce qui confèrent à cette huile ses bienfaits pour la santé cardiovasculaire et des propriétés anti-inflammatoires (**Mailer, 2021**)

#### **II.4.2. Fraction insaponifiable**

##### **II.4.2.1. Les Stérols**

Ce sont des composés tétra cycliques comportant 27 à 29 atomes de carbone. Ils sont présents sous forme libre (80%) et estérifiée. Ils représentent 30 à 60% de l'insaponifiable. Les stérols proviennent de la saponification d'esters d'acides gras. Les stérols les plus abondants sont le  $\beta$ - Sitostérol, suivi du Campesterol et du Stigmastérol (**Ghanbari et al., 2012**).

##### **II.4.2.2. Les tocophérols**

Les tocophérols, principaux antioxydants liposolubles, préviennent la peroxydation lipidique en piégeant les radicaux libres. L'huile d'olive contient quatre types de tocophérols ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ).

L' $\alpha$ -tocophérol, principal constituant (quelques ppm à 300 ppm), maintient un rapport optimal E/AGPI (1,5 à 2,0), contrairement aux huiles de graines. Les  $\beta$ -,  $\gamma$ - et  $\delta$ -tocophérols sont présents sous forme de traces (jusqu'à 25 ppm). Leur teneur diminue avec la maturation des fruits et le raffinage. Ces composés renforcent la capacité antioxydante de l'huile d'olive, améliorent sa stabilité lors de la friture et préviennent la photooxydation (**Ghanbari et al., 2012**).

##### **II.4.2.3. Les pigments**

L'huile d'olive, tout comme les autres huiles végétales, renferme une quantité importante de pigments, notamment des chlorophylles et des caroténoïdes (**Boskou et al., 2006**).

La teinte de l'huile d'olive vierge, un mélange de vert et de jaune, est due à la présence de ces pigments. Elle varie selon le type d'olivier, le degré de maturité des olives, la région de production, le procédé d'extraction et les conditions de stockage. cette couleur est souvent perçue comme un indicateur de qualité (Ghanbari *et al.*, 2012).

**a) Chlorophylles**

Les pigments chlorophylliens de l'huile d'olive se trouve sous deux forme «  $\alpha$  » et «  $\beta$  », avec une teneur de 10 à 30 mg/kg. Ces pigments possèdent dans leur structure un atome de magnésium qui se dégradent facilement sous l'action de la lumière en donnant naissance aux phéophytines **a** et **b** de couleur marron perdant ainsi, l'atome de magnésium responsable de la couleur verte de ces composés. Les pertes en pigments de l'huile principalement des chlorophylles se déroulent au cours du processus d'extraction provoquant la libération des acides causant ainsi, la transformation des chlorophylles en phéophytines probablement par l'élimination des ions  $Mg^{2+}$ . Les chlorophylles sont présentes dans l'huile d'olive en très faible quantité allant de 10 à 30 mg/Kg, dont 40 à 80% sont des phéophytines qui sont des produits de dégradation des chlorophylles (Ranalli, 1992 ; Giuffrida *et al.*, 2007 ; Boskou, 2011)

**b) Les caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des composés isoprénoïdes hydrocarbonés avec des doubles liaisons conjuguées, divisés en carotènes (carbones et hydrogènes) et xanthophylles (groupes fonctionnels oxygénés). Dans l'huile d'olive extra vierge (EVOO), les principaux caroténoïdes sont le  $\beta$ -carotène et la lutéine (Lizzerini *et al.*, 2016).

**II.4.2.4. Les composés aromatiques**

Les caractéristiques distinctives de l'huile d'olive, telles que son arôme et sa saveur, sont principalement dues à une gamme complexe de composés volatils présents à de faibles concentrations. Environ 280 composés ont été identifiés dans la fraction volatile des huiles d'olive extra vierges, incluant des hydrocarbures, des alcools, des aldéhydes, des cétones, des acides, des esters, des éthers, ainsi que divers dérivés comme ceux du furane, du thiophène, des pyranones, des thiols et des pyrazines. Parmi eux, seuls 67 sont détectés à des concentrations suffisantes pour être perceptibles olfactivement. Certains de ces composés contribuent spécifiquement aux défauts sensoriels des huiles d'olive. Les principaux composés volatils incluent l'hexanal, l'E-hexen-2-al, l'hexan-1-ol et le 3-méthylbutanol (Kiritsakis *et Shahidi*, 2017).

#### **II.4.2.5. Les hydrocarbures**

Dans l'huile d'olive, les principaux hydrocarbures sont le squalène et le  $\beta$ -carotène. Le squalène constitue plus de 90 % de la fraction hydrocarbonée de l'insaponifiable de l'huile d'olive, avec des concentrations généralement entre 200 et 7 500 mg/kg, parfois jusqu'à 12 000 mg/kg selon les études. Ce composé est synthétisé juste avant la formation des stérols et est associé à des effets bénéfiques pour la santé, notamment des propriétés anti tumorales. La quantité de squalène dans l'huile d'olive dépend de divers facteurs comme le type de culture et les techniques d'extraction, et diminue significativement lors du raffinage (**Boskou *et al.*, 2006 ; Cecchi, 2021**).

#### **II.4.2.6. Les composés phénoliques**

Les polyphénols sont des métabolites synthétisés par les végétaux en tant que réponse à un stress environnemental (**Anastasopoulos *et al.*, 2011**), ces composés ont en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques porteurs d'un nombre variable de fonctions hydroxyles. Leur classification est basée sur le nombre et la nature des substituants (**Ribereau-Gayon, 1968**).

L'huile d'olive renferme plus de 30 composés phénoliques (**Tuck et Hayball, 2002**), et elle est quasiment la seule huile contenant des quantités notables de substances phénoliques naturelles, qui lui confèrent son goût si particulier à la fois amère et fruité et contribuent à la bonne stabilité de l'huile à l'oxydation (**Benaziza et Semad, 2016**). Outre leurs propriétés antioxydantes, ils possèdent d'intéressantes propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et d'éventuels effets thérapeutiques (**Anastasopoulos *et al.*, 2011**).

La quantité de composés phénoliques diffère selon plusieurs facteurs : le cultivar, le degré de maturation, possibilité d'infestation par la mouche de l'olive, le système d'extraction, ainsi que les conditions climatiques. Les teneurs usuelles pour une huile d'olive oscillent généralement entre 75 et 700 mg /kg (**Faghim *et al.*, 2016**).

Différentes familles de composés phénoliques sont présentes dans les huiles, les classes les plus importantes sont :

##### **a) Les sécoiridoïdes**

Sont des composés phénoliques complexes, constitués d'un alcool phényléthylique (tyrosol ou hydroxytyrosol), d'acide élénolique et, parfois, d'un résidu glucosidique. Ils forment entre 80 et 90 % de la fraction phénolique totale de l'huile d'olive vierge. Ces sécoiridoïdes existent sous deux formes principales :

- **Forme dialdéhydrique** : La forme la plus abondante, caractérisée par le décarboxyméthyl acide élénolique, est liée soit à l'hydroxytyrosol (3,4-DHPEA-EDA), soit au tyrosol (p-HPEA-EDA). Les concentrations de ces composés peuvent atteindre respectivement 600 mg/kg et 400 mg/kg.
- **Forme aglycone** : Cette forme inclut l'oleuropéine aglycone (3,4-DHPEA-EA), le ligustroside aglycone (p-HPEA-EA) et l'acétate d'hydroxytyrosol, avec des teneurs maximales enregistrées dans l'huile d'olive vierge de 300 mg/kg, 50 mg/kg et 15 mg/kg, respectivement (**Bengana, 2017**).

#### **b) Les alcools phénoliques**

Les alcools phénoliques prédominants dans l'huile d'olive vierge sont le 3,4-dihydroxyphényléthanol (3,4-DHPEA), aussi appelé hydroxytyrosol, et le p-hydroxyphényléthanol (p-HPEA), ou tyrosol, avec des concentrations pouvant atteindre respectivement 200 mg/kg et 180 mg/kg. Bien que présents en faibles quantités dans les huiles fraîches, leurs concentrations augmentent au fil du stockage en raison de l'hydrolyse des sécoiridoïdes, qui libèrent 3,4-DHPEA et p-HPEA de leur structure moléculaire (**Bengana, 2017**).

#### **c) Les acides phénoliques**

Les acides phénoliques sont présents dans l'huile d'olive vierge sous deux formes moléculaires distinctes : les acides hydroxycinnamiques et les acides hydroxybenzoïques. Ce groupe de composés phénoliques comprend l'acide caféique, l'acide vanillique, l'acide p-coumarique, l'acide o-coumarique, l'acide protocatéchique, l'acide sinapique, ainsi que les acides p-hydroxybenzoïque et gallique. Les acides férulique et cinnamique sont également présents, bien que leurs concentrations dans l'huile d'olive vierge soient généralement inférieures à 1 mg/kg (**Bengana., 2017**).

#### **d) Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes, largement présents dans le règne végétal, sont étudiés pour leurs effets bénéfiques sur la santé, notamment dans la prévention du cancer et des maladies coronariennes. Leur structure planaire variée résulte de modifications comme l'hydroxylation, la méthylation, la prénylation ou la glycosylation. Ces composés se divisent en flavones, flavonols, flavanones et flavanols selon leurs groupes fonctionnels en positions spécifiques. Dans l'huile d'olive vierge, des flavonoïdes comme la lutéoline et l'apigénine sont identifiés

parmi les composés phénoliques, dérivés souvent de précurseurs comme la rutine et divers glucosides. La présence de flavonoïdes dans les feuilles et les fruits de l'olivier souligne leur importance potentielle pour la santé humaine à travers les produits dérivés de l'olivier (Bendini *et al.*, 2007).

**e) Les lignanes**

Les lignanes sont des composés chimiquement définis par la condensation d'aldéhydes aromatiques. Dans le contexte de l'huile d'olive extra vierge (EVOO), le (+) -pinorésinol et le (+) -1-acétoxy-pinorésinol se distinguent comme les lignanes les plus abondantes. Ils sont présents naturellement dans la pulpe des olives et dans la partie ligneuse de la graine. Lors du processus d'extraction de l'huile, ces molécules sont libérées sans subir de modifications biochimiques (Finicelli *et al.*, 2021).

**f) Les hydroxy-isochromanes**

Les hydroxy-isochromanes présents dans l'huile d'olive sont formés par l'interaction entre l'hydroxytyrosol et les composés carbonylés générés lors de l'extraction de l'huile. L'hydroxytyrosol réagit notamment avec la vanilline pour produire le 1-phényl-6,7-dihydroxyisochromane et avec le benzaldéhyde pour former le 1-(3'-méthoxy-4'-hydroxy) phényl-6,7-dihydroxyisochromane. Pendant la phase de malaxage de l'extraction de l'huile d'olive, l'activité des glycosidases et estérases augmente les concentrations d'hydroxytyrosol et de composés carbonylés, favorisant ainsi la formation des dérivés isochromanes. (Nahla *et al.*, 2022).

## **II.5. Marché économique de l'huile d'olive**

### **II.5.1. Production de l'huile d'olive dans le monde**

La production mondiale d'huile d'olive est une composante cruciale de l'agriculture et de l'économie dans les régions méditerranéennes et au-delà. Les principaux pays producteurs, comme l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie, dominent le marché (Tableau V) avec des méthodes de culture traditionnelles et modernes. D'autres pays producteurs se situent au deuxième rang, notamment la Tunisie, la Turquie, le Portugal, le Maroc et l'Algérie. Chaque année, des millions de tonnes d'olives sont récoltées et transformées, générant une variété de produits d'huile d'olive qui répondent à une demande mondiale croissante (COI., 2024)

**Tableau V: production mondiale de l'huile d'olive (COI, 2024)**

Pays	2021/2022(EN 1000T)	2022/2023(EN 1000 T)	2023/2024(EN 1000 T)
<b>Espagne</b>	1491,5	665,8	766 ,4
<b>Grèce</b>	232	345	195
<b>Italie</b>	329	240,9	288
<b>Portugal</b>	206,2	126	288,9
<b>Total UE</b>	<b>2258,2</b>	<b>1377,7</b>	<b>1400,3</b>
<b>Tunisie</b>	240	180	200
<b>Turquie</b>	235	380	210
<b>Maroc</b>	190	107	106
<b>Algérie</b>	94,5	75,5	93
<b>Syrie</b>	105	125	95
<b>Total</b>	<b>864,5</b>	<b>867,5</b>	<b>704</b>

### II.5.2. Production de l'huile d'olive en Algérie

L'Algérie est l'un des principaux pays méditerranéens, occupe une place significative dans la culture de l'olivier et la production d'huile d'olive, se positionnant la neuvième place au niveau mondial et la troisième en Afrique du Nord (**Touati et al., 2022**) Réputée pour ses conditions climatiques idéales et ses vastes étendues propices à la culture de l'olivier, l'Algérie répartit sa production principalement entre trois régions : la grande Kabylie (Tizi Ouzou), la petite Kabylie (Bejaia, Bouira, Boumerdes) et une partie de l'Est (Jijel, Skikda, Sétif, Guelma) (**Bellahcene, 2001**). Au fil des années, le secteur oléicole algérien a subi des variations dans sa production d'huile d'olive, influencées par divers facteurs tels que les conditions météorologiques, les pratiques agricoles et les politiques gouvernementales. Le tableau VI présente un aperçu de l'évolution récente de la production d'huile d'olive en Algérie, soulignant l'importance économique et culturelle de cette filière pour le pays.

**Tableau VI : Production de l'huile d'olive en Algérie (COI, 2023)**

Année	Production de l'huile (×1000 tonnes)
2019/2020	126,0
2020/2021	70,5
2021/2022	94,5
2022/2023	75,5
2023/2024	93,0

### **II.5.3. Production de l'huile d'olive dans la wilaya de Bejaia**

La wilaya de Bejaia se distingue par son fort potentiel agricole, avec une expansion notable des plantations d'arbres fruitiers, d'oliviers et de figuiers. Réputée pour sa production d'huile d'olive prédominante à l'échelle nationale, Bejaia représente une région clé pour l'oléiculture, couvrant environ 60 000 hectares, soit plus de 70% de la superficie arboricole totale de la wilaya. Elle est reconnue comme le principal centre de production d'huile d'olive en Algérie, occupant la première place avec une part d'environ 25% de la production nationale. Son relief montagneux et son climat méditerranéen en font une région pilote pour l'oléiculture (**Zaidi, 2021**). Le tableau VII exprime le taux de production de l'huile d'olive en litre dans la région de Bejaia de 2019 à 2024.

**Tableau VII :** production de l'huile d'olive dans la wilaya de Bejaia (**DSA Bejaia., 2024**).

Année	Production de l'huile (×100 litres)
2019/2020	262726,35
2020/2021	101328,18
2021/2022	160620,83
2022/2023	133983,34
2023/2024	77670,41

### **III. Critères d'évaluation de la qualité de l'huile d'olive**

La qualité d'une huile est l'ensemble de ses caractéristiques physico-chimiques et sensorielles permettant son classement dans les différentes catégories définies par la norme commerciale du Conseil Oléicole International. Ces critères incluent des mesures objectives comme l'acidité, l'indice de peroxyde, et les absorptions UV spécifiques, ainsi que des évaluations sensorielles telles que la couleur, l'arôme et le goût. Ensemble, ces caractéristiques permettent de classer l'huile dans différentes catégories, assurant ainsi sa qualité et son adéquation aux attentes des consommateurs et aux standards internationaux de l'industrie de l'huile d'olive (**Douzane et al., 2023**).

#### **III.1. Critères organoleptiques**

Les caractéristiques organoleptiques de l'huile d'olive regroupent la couleur, la flaveur et le goût. Les termes couramment utilisés pour décrire les attributs positifs sont le fruité, l'amer et le piquant (**Tanouti et al., 2010**).

- a) **Arômes** : L'ensemble des sensations aromatiques d'une huile est désigné sous le terme de "fruité". L'intensité de ces arômes est évaluée lors de la dégustation, et l'huile est catégorisée en fonction de son fruité (fruité mûr, fruité vert, fruité noir) (**Lazzeri, 2009**). Et la composition volatile, influencée par les enzymes endogènes et exogènes, est essentielle pour déterminer l'arôme (**Quintanilla-Casas et al., 2020**).
- b) **Goût** : L'amertume est le seul attribut gustatif que peut présenter l'huile d'olive, et son intensité est évaluée lors de la dégustation (**Lazzeri, 2009**).
- c) **Piquant** : Le piquant est une sensation tactile de picotement qui caractérise souvent les huiles d'olive produites à partir d'olives encore vertes en début de saison. Cette sensation peut être perçue dans toute la bouche, notamment dans la gorge (**COI, 2018**).

Ces caractéristiques, sont influencées de manière significative par ses composants principaux tels que l'acide oléique, les composés volatils et phénoliques, les tocophérols et les caroténoïdes. Ces éléments jouent un rôle crucial dans la perception sensorielle de l'huile d'olive et contribuent également à sa résistance à l'oxydation (**Gündüz et Konuşkan, 2022**)

### **III.2. Critères physico chimiques**

#### **III.2.1. Acidité**

L'acidité de l'huile d'olive est mesurée par la quantité d'acides gras libres, exprimée en grammes d'acide oléique pour 100 grammes d'huile d'olive. Cette mesure est essentielle pour évaluer la qualité et classifier l'huile d'olive selon les normes commerciales. Fraîchement extraite à partir d'olives saines et produite selon des méthodes de trituration adéquates, l'huile d'olive présente une acidité très faible. Cependant, lorsqu'elle est mal conservée ou stockée, son acidité peut augmenter en raison de l'hydrolyse des triglycérides, rendant l'huile impropre à la consommation si elle dépasse 3,3 %. Ces huiles nécessitent alors un processus de raffinage (**Khiar, 2010 ; Filoda et al ., 2021**)

#### **III.2.2.Indice de peroxyde**

L'indice de peroxyde mesure la quantité de peroxyde dans l'huile, exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de produit. La formation des peroxydes dans les huiles est causée par la présence d'oxygène dissout et de divers facteurs favorisant comme les UV, l'eau, les enzymes et les traces de métaux. Cet indice est crucial pour évaluer le degré d'oxydation primaire de l'huile pendant son stockage ou sa fabrication, ce qui reflète directement sa fraîcheur. Pour toutes les catégories d'huile d'olive, il est recommandé que cet indice ne dépasse pas 20 meq O<sub>2</sub>/kg, assurant ainsi une qualité optimale et minimisant le risque de rancidité (**Selaimia, 2018**)

#### **III. 2.3.Absorbance spécifique dans l'UV**

L'absorbance UV et l'analyse spectrophotométrique UV sont des outils essentiels pour évaluer la qualité et l'état de conservation des matières grasses, ainsi que les effets des procédés technologiques. L'oxydation des huiles, due à l'action de l'oxygène atmosphérique et influencée par divers facteurs, dégrade progressivement les acides gras insaturés, formant des produits oxydés volatils comme les hydroperoxydes linoléiques (absorbant à 232 nm). Ce processus engendre également des produits secondaires comme les dicétones et cétones insaturées, absorbant à environ 270 nm (**khiar, 2010** )

*Partie*  
*expérimentale*

*Partie I*

*Matériel et*

*méthodes*

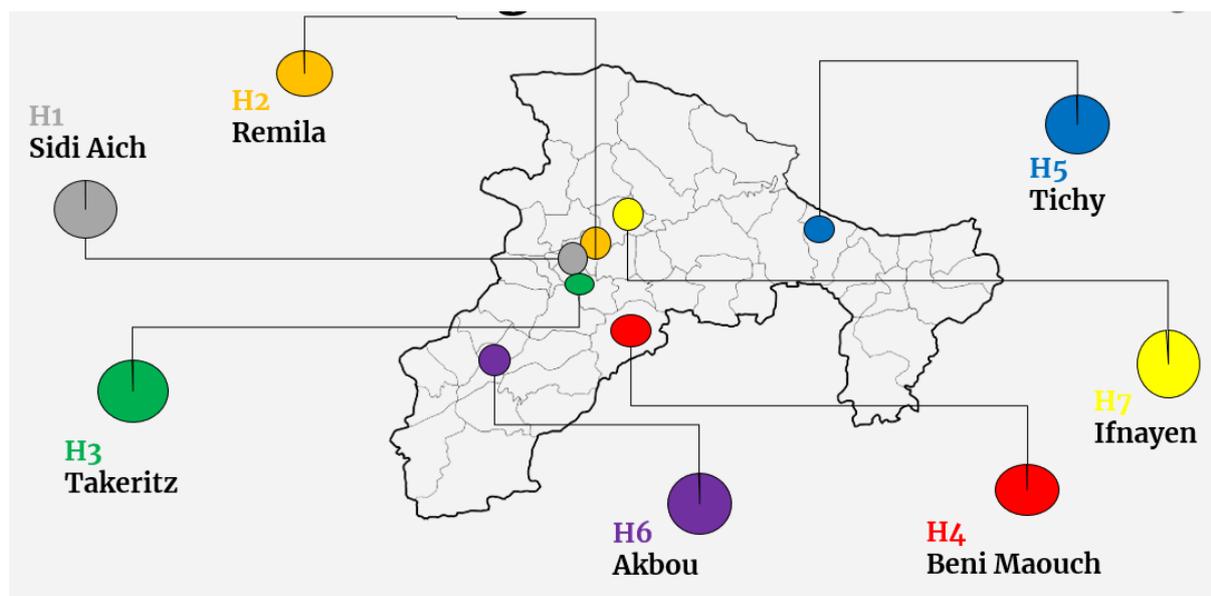
## 1. Echantillonnage

L'étude est portée sur sept échantillons codés (H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7) collectés à partir des huileries localisées dans sept régions de la wilaya de Bejaia durant la campagne oléicole 2023-2024. Chaque échantillon a été acheté directement dans les points de vente des huileries, dans des bouteilles en plastiques et en verres (Figure 1). Ce choix a pour but d'avoir un échantillonnage diversifié par sa localisation (Figure 2).

Ce travail permet de représenter une approche de l'analyse de la qualité de l'huile d'olive disponible sur le marché local de la wilaya de Bejaia.



**Figure 1 :** Echantillons des huiles d'olive commerciales de différentes régions de Bejaia.



**Figure 2 :** Répartition géographique des sept échantillons d'huiles d'olive étudiés.

## 2. Détermination des indices de qualité des huiles

### 2.1. Indices physiques

#### 2.1.1. Densité

La densité relative d'une huile est le rapport de la masse d'huile sur celle de l'eau dans un volume déterminé à une température donnée. La densité de l'huile d'olive peut varier en fonction de différents facteurs, tels que la teneur en impuretés, la température, et le processus de production (**Vallesquino et Tirado., 2023**).

Elle est mesurée par une suite de pesées à l'aide d'un pycnomètre (25ml) selon la méthode décrite dans la norme **ISO 6882**, dont le principe consiste à effectuer des pesées successives de volume égal d'huile et d'eau. Le poids du pycnomètre vide est déterminé, de même que le poids du pycnomètre rempli d'eau distillée. L'expression des résultats est donnée par le rapport suivant :

$$D_{20} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

$m_0$ : masse du pycnomètre vide ;

$m_1$  : masse du pycnomètre rempli d'eau distillée ;

$m_2$  : masse du pycnomètre rempli d'huile.

#### 2.1.2. Viscosité

La viscosité est définie comme la résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence se produisant dans la masse d'une matière. La viscosité d'une huile peut être influencée par des facteurs tels que sa composition chimique, sa température et la présence d'impuretés (**Vallesquino et Tirado., 2023**).

Dans cette étude la viscosité a été déterminée directement à l'aide d'un viscosimètre, dont la sonde a été plongée dans chaque échantillon d'huile, puis la valeur est directement lue sur l'écran de l'appareil.

### 2.1.3. Indice de réfraction

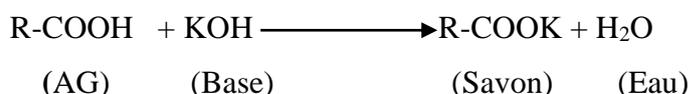
L'indice de réfraction d'une substance est le rapport de la vitesse de la lumière à une longueur d'onde définie dans le vide et sa vitesse dans la substance. Il permet de mesurer la pureté d'un échantillon (Roth *et al.* 2006).

La norme suivie est celle de l'IUPAC (1992), les mesures ont été réalisées à l'aide d'un Réfractomètre oculaire de type ABBE, en fixant la température à 20°C. Quelques gouttes d'échantillon d'huile ont été étalées sur une fenêtre sur laquelle sont ensuite positionné un prisme et la lampe d'éclairage. Le principe est de centrer dans un oculaire deux zones, une sombre et une claire, par rapport à l'intersection de deux diagonales fixes. Le résultat est lu instantanément.

## 2.2. Indices chimiques

### 2.2.1. Acidité

L'acidité de l'huile d'olive se réfère à la quantité d'acides gras libres présents dans l'huile. Le principe repose sur la neutralisation des acides gras à l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium de 0,1 N pour donner des savons.



La mesure de l'acidité a été réalisée selon la méthode normalisée C.C.E (2685/91. Après dissolution de 5 g d'huile dans 20 ml d'un mélange d'oxyde diéthyléthanol à 95% (V/V), les acides gras présents sont titrés à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium (0,1N) en présence d'un indicateur coloré phénolphtaléine. Un essai témoin (sans matière grasse) a été réalisé dans les mêmes conditions. Les résultats ont été exprimés en % (m/m) équivalent d'acide oléique selon la formule suivante :

$$A(\%) = (V - V_0) \times N \times P / 10 \times m$$

Où :

**V** : volume de KOH (en ml) nécessaire pour neutraliser les AGL présents dans l'huile ;

**V<sub>0</sub>** : volume de KOH (en ml) nécessaire pour neutraliser l'éventuelle acidité du solvant ;

**m** : prise d'essai en grammes;

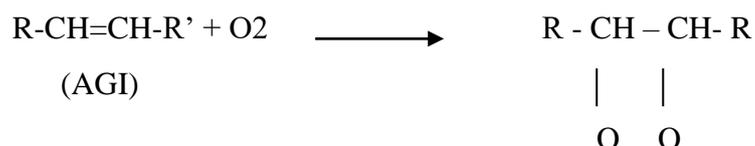
**N** : normalité de la solution KOH;

**P** : poids moléculaire adopté pour l'expression de l'acidité avec PM acide oléique

282

### 2.2.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde représente la quantité des substances de l'échantillon (exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme) qui oxydent l'iodure de potassium entraînant la libération d'iode. Ce test repose sur le titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) en présence d'oxygène ( $\text{O}_2$ ), les acides gras insaturés subissent une oxydation, formant des peroxydes selon la réaction suivante :



L'indice de peroxyde a été déterminé selon la méthode normalisée par le règlement C.E.E (2568/91). Deux grammes d'huile ont été mis en solution dans 10 ml de chloroforme, 15 ml d'acide acétique et 1ml d'une solution saturée d'iodure de potassium ont été ajoutés. Après réaction pendant 5 min à l'obscurité, 75 ml d'eau distillée ont été ajoutés, et l'iode libéré a été titré par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,01 N en présence d'empois d'amidon comme indicateur. Un essai témoin a été réalisé dans les mêmes conditions. L'indice de peroxyde (IP) a été exprimé en milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme selon la formule :

$$\text{IP} = \text{N} (\text{V}-\text{V}_0) *1000/\text{m} \text{ (meq d'O}_2 \text{ /Kg)}$$

Où :

**N**: normalité  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;

**V, V<sub>0</sub>**: volume en ml de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc respectivement ;

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

### 2.2.3. Détermination de l'extinction spécifique dans l'ultraviolet

Cette méthode consiste à déterminer les absorbances à 232 nm et à 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydroperoxydes et des produits secondaires d'oxydation (Alais *et al.*, 2003).

Le taux de ces substances, exprimé comme extinction spécifique a été déterminé selon la méthode décrite par le COI, (1996). Un échantillon de 0,25g d'huile filtrée a été ajusté à 25ml avec du cyclohexane. L'absorbance a été mesurée aux deux longueurs d'ondes 232nm et 270nm. Les extinctions spécifiques à 232nm et 270nm ont été exprimées comme suit :

$$E = A_{\lambda} / C * S$$

**E** : Densité optique à la longueur d'onde  $\lambda$  nm;

**A $\lambda$** : densité optique à la longueur d'onde  $\lambda$  nm;

**C** : Concentration de la solution à analyser en g/100 ml;

**S** : Epaisseur de la cuve en cm.

### **3. Profil en acides gras des huiles**

#### **3.1. Analyse par chromatographie en phase gazeuse**

##### **3.1.1. Préparation des esters méthyliques**

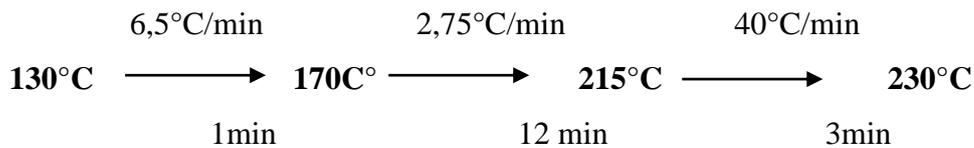
Cette préparation a été réalisée suivant la méthode E.C. (2002). Une aliquote de 0,5 g d'huile a été dissoute dans 5 ml d'hexane pour chromatographie, à laquelle ont été ajoutés 0,5 ml d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium (KOH) à 2 N. Le tout a été agité pendant 30 secondes, puis centrifugé à 3000 tours/min pendant 5 minutes. 2 gouttes du surnageant ont été prélevées et mélangées avec 1 ml d'hexane.

##### **3.1.2. Dosage qualitatif et quantitatif**

Un volume de 1  $\mu$ l des esters méthyliques a été injecté dans un chromatographe en phase gazeuse de type Chrompack C9002. Les conditions d'analyse sont décrites ci-après :

- Injecteur : SPLIT 1/100
- Colonne capillaire DB-23 : longueur 30 m, diamètre intérieur 0,32 mm et épaisseur de 0,25  $\mu$ m
- Gaz vecteur : Azote
- Détecteur : FID
- Températures : injecteur à 250 °C, détecteur à 250 °C
- Vitesse du papier : 0,5 cm/min
- Quantité injectée : 1  $\mu$ l

La colonne est soumise à un gradient de température.



Les acides gras ont été identifiés en fonction de leur temps de rétention sur la colonne en comparaison avec des acides gras étalons. Le taux de chaque acide gras (%) a été déterminé en calculant l'aire des pics correspondants.

#### 4. Dosage des pigments

Le dosage des chlorophylles et des caroténoïdes a été réalisé selon la méthode de **Minguez-Mosquera *et al.*, (1991)**. Un échantillon de 7,5 g d'huile filtrée a été ajusté à 25 ml avec du cyclohexane. Le maximum d'absorption à 670 nm a été utilisé pour quantifier la fraction chlorophyllienne, tandis que la fraction caroténoïde a été mesurée à 470 nm. Les coefficients d'extinction spécifiques appliqués sont  $E_0 = 613$  pour la phéophytine, composant majeur des chlorophylles, et  $E_0 = 2000$  pour la lutéine, principal caroténoïde. Ainsi, le contenu en pigments a été déterminé comme suit :

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

$$\text{Caroténoïdes (mg/Kg)} = A_{470} \cdot 10^6 / (2000 \cdot 100 \cdot d)$$

Où :

**A** : absorbance à la longueur d'onde indiquée.

**d**: épaisseur de la cuve en cm.

#### 5. Extraction et dosage des composés phénoliques totaux

##### 5.1. Méthodes colorimétriques

##### 5.1.1. Extraction des polyphénols totaux

L'extraction des composés phénoliques a été réalisée selon la méthode décrite par **Olivier *et al.* (2004)**. Dans un tube à centrifuge, 10 g d'huile ont été dissous dans 10 ml de méthanol/eau (80/20), puis agités pendant 10 minutes au vortex. Après centrifugation pendant 15 minutes à 3800 rpm, la phase méthanolique a été récupérée et transférée dans une fiole jaugée de 50 ml. Cette opération a été répétée deux fois, puis le volume a été ajusté à 50 ml avec la solution méthanol/eau (80/20).

### **5.1.2. Dosage des polyphénols**

Les composés phénoliques totaux des différents extraits ont été dosés selon le protocole de **Favati et al. (1994)**. Ce protocole repose sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstique-phosphomolybdique du réactif de Folin-Ciocalteu par les groupements oxydables des composés phénoliques, formant des produits de réduction de couleur bleue dont l'absorption maximale se situe à 765 nm. L'intensité de cette couleur est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon **Georgé et al. (2005)**. Dans un flacon de 20 ml, un volume de 0,5 ml de réactif Folin-Ciocalteu a été ajouté à 2 ml de l'extrait concentré en polyphénols. Après 3 minutes, 4 ml d'une solution de carbonate de sodium à 10 % ont été ajoutés, puis le volume a été ajusté avec de l'eau distillée. Après une incubation de 90 minutes à l'obscurité, la solution a été centrifugée et l'absorbance a été mesurée à 765 nm. Les concentrations en polyphénols, exprimées en mg équivalent d'acide gallique, ont été évaluées en se référant à une droite d'étalonnage (Annexe 2).

### **5.1.3. Dosage des ortho-diphénols**

La quantification des ortho-diphénols dans les extraits méthanoliques des échantillons d'huiles a été déterminée selon la méthode de **Mateos et al. (2001)**. Cette méthode repose sur la formation de complexes entre les ortho-diphénols et les ions molybdates.

Un volume de 1 ml d'une solution de molybdate de sodium dihydraté à 5 % dans un mélange éthanol-eau (v/v) a été ajouté à 4 ml d'extrait méthanolique. Le mélange a été agité vigoureusement et après une incubation de 15 minutes à l'obscurité, l'absorbance des solutions phénoliques a été mesurée à 370 nm. Les concentrations en ortho-diphénols des échantillons ont été calculées à partir de l'équation de régression établie avec l'acide caféique comme étalon de référence (Annexe 3).

## **6. Détermination de l'indice d'amertume $K_{225}$**

Le protocole d'**Inarejos-Garcia et al. (2009)** a été adopté pour estimer l'indice d'amertume ( $K_{225}$ ). Ce dernier a été évalué par extraction des composés amers d'un échantillon de 1 g d'huile dissout dans 5 ml d'hexane, auquel ont été ajoutés 5 ml de méthanol/eau (60/40), le mélange a été passé au vortex, puis centrifugé à 3500 rpm pendant 10 min. La phase polaire (méthanolique) a été récupérée dans une fiole de 10 ml, et le volume a été ajusté avec du méthanol/eau (60/40), un volume de 1,25 ml de cette solution a été dilué dans 5 ml du même solvant, l'absorbance a été déterminée à 225 nm. L'indice d'amertume  $K_{225}$  a été exprimé selon la formule suivante :

$$K_{225} = A_{225}/C$$

Où :

$A_{225}$  : absorbance à 225nm

$C$  : concentration en g d'huile/100ml.

## **7. Analyse statistique**

Les résultats représentent la moyenne des mesures. Une étude statistique a été réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, et ce, pour chaque paramètre en appliquant une analyse de la variance «ANOVA» suivie du test de Newman-keuls à l'aide d'un logiciel STATISTICA 5.5. Le Seuil de significativité des résultats est fixé à 5% ( $p < 0,05$ ) pour tous les tests de comparaisons.

*Partie II*

*Résultats et*

*discussions*

## 1. Indices physiques

Les résultats des indices physiques réalisés sur les échantillons d'huiles étudiées sont illustrés dans le tableau VIII.

**Tableau VIII** : Indices physiques (indice de réfraction, densité, viscosité) des différents échantillons d'huiles d'olives étudiés.

huiles	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
<b>Indice de Réfraction</b>	1,467	1,468	1,468	1,469	1,467	1,468	1,470
<b>Densité (g/ml)</b>	0,9055	0,9055	0,9045	0,9055	0,9065	0,9055	0,9065
<b>Viscosité (Pa.s)</b>	0,076	0,094	0,106	0,075	0,070	0,099	0,085

Les valeurs de la densité des sept échantillons d'huile d'olive étudiés sont très proches (Tableau IX), ils varient entre 0,9045g/ml et 0,9065 g/ml, ces valeurs sont inférieures à celles données par le COI pour une huile d'olive vierge (entre 0,910 à 0,916).

Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Douzane et al. (2021)** sur des huiles d'olives de variétés algériennes (0,910 et 0,912 g/cm<sup>3</sup>) et proches de celles obtenues par **Ghannam et al. (2023)** sur des huiles d'olives des variétés émiriennes entre (0,877 et 0,920).

Selon **Ribeiro et al. (2017)** le facteur de variation de la densité de l'huile d'olive est très faible, généralement inférieur à 0,15 % à des températures spécifiques, cela indique que la densité de l'huile d'olive reste relativement constante.

Les huiles analysées présentent des indices de réfraction très proche (entre 1,467 et 1,470) et correspondent aux valeurs données par la norme du Codex Stan 33-1981 (entre 1,4677 à 1,470) pour une huile d'olive vierge.

Les indices de réfraction enregistrés par nos échantillons concordent avec ceux obtenus par **Chahdoura et al. (2023)** sur des huiles d'olives de variétés tunisiennes (entre 1,4679 et 1,470).

L'étude menée par **Mirrezaie et al. (2016)** a révélé que les indices de réfraction augmentent avec l'allongement de la longueur de la chaîne carbonée et le nombre de doubles

liaisons, et que les valeurs les plus élevées sont obtenues par les huiles d'olives riches en monoglycérides que les triglycérides.

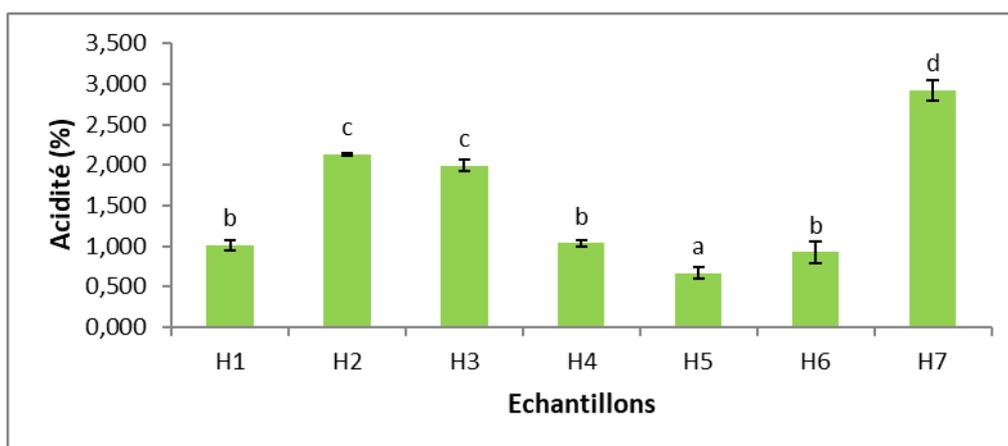
Les huiles d'olives étudiées présentent une viscosité qui oscille entre 0,07pa.s et 0,106 pa.s, ces valeurs sont proches de celles obtenues par **Kahsay et Nydal. (2023)** sur des huiles d'olives éthiopiennes.

Les recherches de **Fathy et al. (2024)** révèlent que la viscosité de l'huile d'olive est étroitement liée à sa composition en acides gras, et elle peut être affectée par d'autres facteurs notamment la durée du stockage qui a tendance à diminuer les valeurs de la viscosité, l'altitude et les précipitations, ainsi que la méthode de récolte des olives, cette dernière joue un rôle important, en effet, les olives récoltées à la main présentent généralement une plus faible viscosité.

## 2. indices chimiques

### 2.1. Acidité

les résultats de l'acidité libre exprimés en pourcentage des échantillons d'huiles étudiés sont illustrés dans la figure 3. L'analyse de la variance montre que les taux d'acidité diffèrent significativement ( $p < 0,05$ ) d'un échantillon à un autre, mais aucune différence n'a été enregistrées entre les huiles d'olives H1(Sidi Aich), H4(Beni Maouche) et H6(Akbou), ainsi qu'entre les huiles H2(Remila) et H3(Takrietz).



**Figure 3** : l'acidité des huiles d'olive étudiés.

\*Les mêmes lettres indiquent une différence non *significative* ( $p < 0,05$ )

Les huiles d'olives étudiées présentent des valeurs en acidité supérieures à 0,8% limite établie par le COI pour une huile d'olive vierge extra, excepté l'huile de la région de Tichy (H5) qui peut être classées dans la catégorie extra vierge avec un taux d'acidité de 0,66%.

Nos échantillons présentent des taux en acidité proches de ceux obtenus par **García., (2022)**, sur des huiles d'olive de variétés espagnoles, (0,25 % à 4,5%), mais restent supérieurs à ceux obtenus par **Wali et al .(2021)** sur des huiles d'olives de variétés tunisiennes (0,1 % et 1%).

D'après l'étude réalisée par **Arafat et al. (2022)**, l'acidité des huiles est largement influencée par le cultivar et les conditions environnementales.

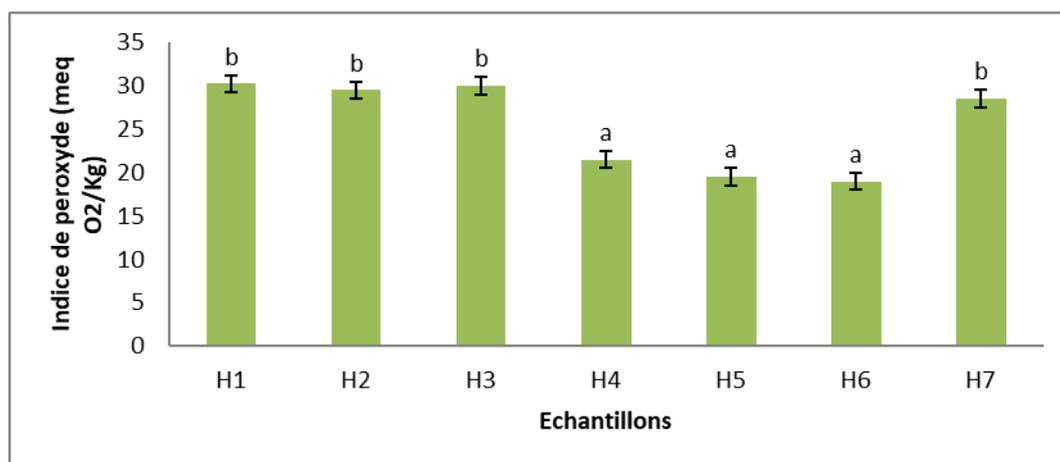
**Pardo et al. (2021)** ont rapporté que Les olives pleinement mûres sont plus fragiles et sont plus susceptibles d'être endommagées physiquement ou infectées par des pathogènes, de plus, elles présentent une activité enzymatique plus élevée, ce qui favorise l'hydrolyse, entraînant l'augmentation de l'acidité de l'huile.

Selon **Saoudi et al. (2024)**, une acidité élevée est le signe de mauvaises pratiques de production de l'huile d'olive, des températures élevées pendant l'extraction favorisent la détérioration chimique et enzymatique des fruits, ce qui entraîne une augmentation de la teneur en acides gras libres en présence de lipase.

### **2.2. Indice de peroxyde**

Les indices de peroxyde enregistrés par nos échantillons d'huiles varient entre un minimum de 19,00 meq d'O<sub>2</sub>/kg pour l'huile H6 ( Ait Hellal) et un maximum de 30,25 meq d'O<sub>2</sub>/kg pour l'huile H1( Sidi Aich ) (Figure 4). Des différences significatives ( $p < 0,05$ ) ont été noté entre les huiles étudiées, néanmoins aucune différence n'a été noté entre les huiles (H1, H2, H3, H7), et entre les huiles (H4, H5, H6).

Ces indices sont supérieurs aux normes établies par le COI, pour des huiles d'olives vierge extra ( $\leq 20$  meq/kg), excepté pour les huiles H5 et H6 qui peuvent être classées dans cette catégorie.



**Figure 4 :** Indice de peroxyde des huiles d’olive étudiés.

\*Les mêmes lettres indiquent une différence non significative ( $p < 0,05$ )

Les résultats trouvés dans cette étude sont proches de ceux obtenus par **Grossi et al. (2023)** sur des huiles d’olives vierges de variétés italiennes où ils ont noté des valeurs d’indices de peroxyde comprises entre 7,6 et 31 meq O<sub>2</sub>/kg, mais restent supérieurs de ceux obtenus par **Saoudi et al. (2024)** (4,24 et 5,25 meq O<sub>2</sub>/kg).

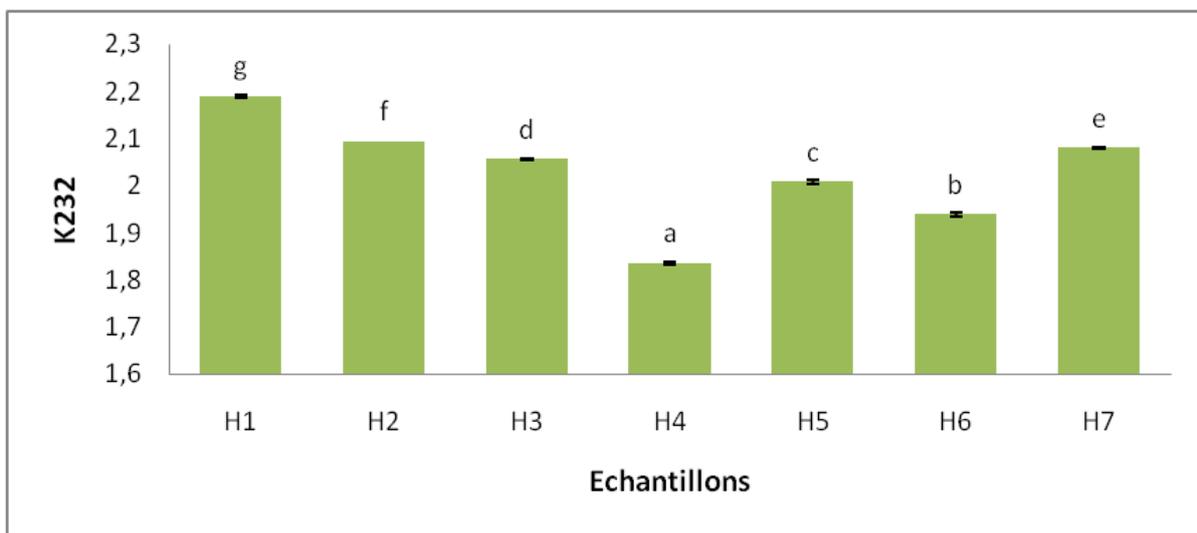
Ces taux élevés en indice de peroxyde de nos échantillons peuvent être en relation avec plusieurs facteurs différents : tels que la lumière et la température, l’exposition à l’oxygène, la présence de pro-oxydants comme les chlorophylles, les ions métalliques (Fe<sup>3+</sup> et Cu<sup>2+</sup>), et les métaux lourds, ainsi que d’autres facteurs liés aux conditions de culture, de récolte et de stockage (**Gagour et al., 2024**), d’autres études ont également montrées que le degré de maturation de l’olive a un impact sur l’évolution de l’indice de peroxyde de l’huile, en effet, l’oxydation commence dans le fruit et augmente progressivement pendant sa maturation, entraînant ainsi une augmentation parallèle de la valeur en peroxyde dans l’huile qui pourrait être due à la présence de lipoxygénases dans le fruit (**Alam et al., 2024**).

### 2.3. Absorbance spécifique dans l’ultraviolet

Les absorbances spécifiques à 232 nm et 270 nm, enregistrées par nos huiles varient de 1,835 à 2,189 (Figure 5) et de 0,123 et 0,267 (Figure 6) respectivement. L’étude statistique montre des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les huiles, néanmoins aucune différence n’a été enregistrée entre les huiles d’olives (H1 et H6), entre (H4 et H5), et entre les huiles (H2 et H7).

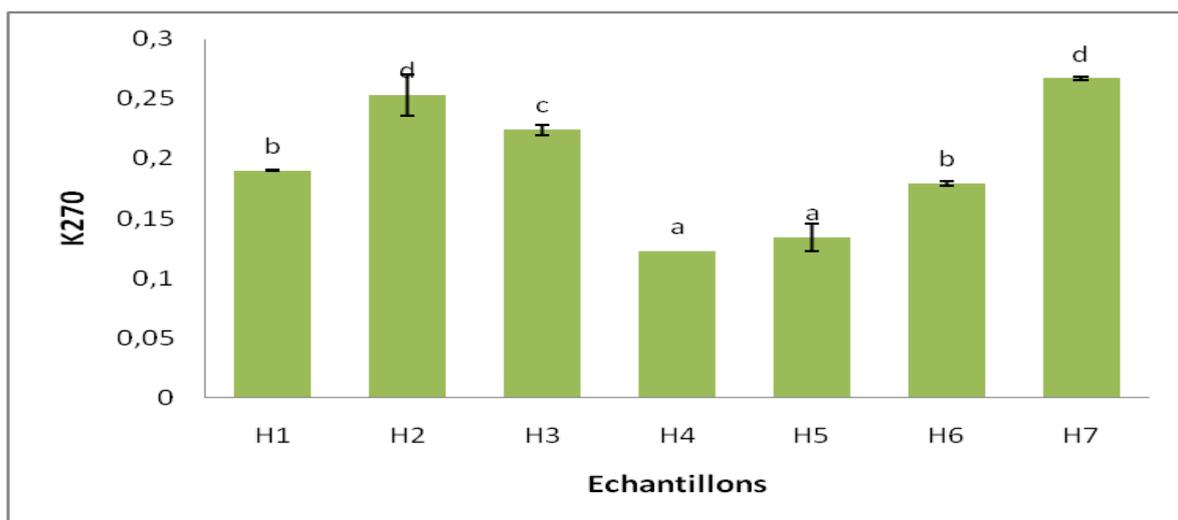
Les extinctions spécifiques dans l’ultraviolet  $K_{232}$  et  $K_{270}$  de nos échantillons d’huiles, notent des absorbances qui s’inscrivent dans les limites fixées par le COI pour l’huile d’olive vierge extra ( $K_{232} \leq 2,5$  ;  $K_{270} \leq 0,20$ ), à l’exclusion de H7 qui dépasse la norme avec un  $K_{270}$  de 0,267.

Ces mesures UV d'absorption ( $K_{232}$  et  $K_{270}$ ) jouent un rôle crucial en indiquant les changements d'oxydation qui peuvent survenir pendant le stockage (Shendi *et al.*, 2020), notamment la peroxydation qui en relation avec l’augmentation du  $K_{232}$ , tandis que le  $K_{270}$  nous renseigne sur la présence d’une concentration importante des sous-produits de l’oxydation (Sara *et al.*, 2022).



**Figure 5** : Absorbance spécifique à 232 nm des échantillons d’huiles étudiés.

\*Les mêmes lettres indiquent une différence non significative ( $p < 0,05$ )



**Figure 6** : Absorbance spécifique à 270 nm des échantillons d’huiles étudiés.

\*Les mêmes lettres indiquent une différence non significative ( $p < 0,05$ )

Les résultats obtenus pour les deux coefficients d'extinction spécifiques de nos huiles d'olives sont similaires à ceux obtenus par **Mouas *et al.*, (2023)** sur des huiles d'olives de la variété *Chemlal* de Boumerdes Algérie dont les valeurs du  $K_{232}$  et du  $K_{270}$  oscillent entre 2,04 à 8,07 et entre 0,17 à 0,38 respectivement, et proches de ceux rapportés par **Shendi *et al.*, (2020)** sur des huiles d'olives de variétés italienne stockées pendant quelques mois, dont le  $K_{232}$  varie de 0,3 à 2,5 et le  $K_{270}$  entre 0,11 et 0,88.

Compte tenu des résultats des indices de qualité (Tableau IX), qui sont pour la plupart des cas supérieurs aux limites établies par le COI pour une huile d'olive vierge extra, peuvent être en relation avec les conditions et la durée du stockage, le procédé d'extraction, la variété, qui influence les critères de qualité physico-chimiques de l'huile d'olive (**Sara *et al.*, 2022**).

**Tableau IX:** classification des sept échantillons d'huiles étudiées en fonction de leurs indices de qualité.

Huiles		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	Normes COI
Critères									
<b>Chimique</b>	<b>A%</b>	1,00%	2,13%	1,90%	1,03%	0,66%	0,92%	2,90%	$\leq 0,8\%$
	<b>IP</b>	30,25	29,50	30,00	21,50	19,50	19,00	28,50	$\leq 20$
<b>Physique</b>	<b>K270</b>	0,19	0,25	0,22	0,12	0,13	0,17	0,26	$\leq 0,22$
	<b>K232</b>	2,18	2,09	2,05	1,83	2,00	1,93	2,08	$\leq 2,5$
<b>Classification</b>		<b>Huile d'olive vierge</b>	<b>Huile d'olive ordinaire</b>	<b>Huile d'olive vierge</b>	<b>Huile d'olive vierge</b>	<b>Huile d'olive extra vierge</b>	<b>Huile d'olive vierge</b>	<b>Huile d'olive ordinaire</b>	/

### 3. Profil en acide gras

Les huiles d'olives étudiées montrent une composition en acide gras dominée par la présence des acides gras insaturés (Tableau X).

**Tableau X** : Profil en acide gras (%) des échantillons d'huiles étudiées

Acid gras	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	Normes (COI, 2019)
<b>Acide palmitique (C16 : 0)</b>	13,29%	16,40%	14,13%	13,73%	15,8%	13,55%	16,4%	7,50 – 20,00
<b>Acide palmitoléique (C16 : 1)</b>	0,96%	0,12%	1,11%	0,9%	1,49%	1,1%	1,7%	0,30 – 3,50
<b>Acide stéarique (C18 : 0)</b>	3,67%	1,68%	3,09%	3,45%	2,94%	3,03%	3,15%	0,50 – 5,00
<b>Acide oléique (C18 : 1)</b>	69,14%	39,09%	66,53%	67,67%	62,97%	67,2%	63,49%	55,00 – 83,00
<b>Acide linoléique (C18 : 2)</b>	11,57%	22,21%	13,7%	13,51%	15,12%	13,52%	14,09%	2,50 – 21,00
<b>Acide linoléique (C18 : 3)</b>	1,36%	1,53%	1,4%	0,7%	1,13%	1,03%	1,15%	≤ 1,00
<b>Acide arachidique (C20 : 0)</b>	/	0,47%	/	/	0,27%	0,53%	/	≤ 0,60
<b>Acide gadoléique (C20 : 1)</b>	/	0,99%	/	/	0,26%	/	/	≤ 0,50
<b>AGI</b>	70,1%	80,94%	82,74%	82,78%	80,97%	82,85%	80,43%	/
<b>AGS</b>	16,96%	18,55%	17,22%	17,18%	19%	17,11%	19,55%	/
<b>AGI / AGS</b>	4,2%	4,36%	4,81%	4,82%	4,26%	4,84%	4,11%	/

Les taux en acides gras totaux de nos échantillons d'huiles sont en accord avec ceux de la norme commerciale du COI, excepté pour l'huile H2 de la région de Remila. Cependant, la composition quantitative en acides gras est spécifique pour chaque échantillon d'huile (Annexe 1).

L'acide oléique est l'acide gras dominant, toutes les huiles étudiées présentent des proportions supérieures à 60%, excepté pour l'huile H2 de la région de Remila qui note un taux relativement inférieure (39,09%) à la limite établie par le COI qui recommande un contenu d'acide oléique compris entre 55 % et 83 %. On constate que l'huile H2 (Remila) enregistre le contenu le plus élevé en acide linoléique (22,21%) supérieur à la norme fixée par le COI, alors que l'huile H1 (Sidi Aich ) se caractérise par le taux le plus faible (11,57%).

Selon **Gutiérrez et al. (1999)** et **Ben Youssef et al. (2010)**, suite à une récolte tardive, une attitude antagoniste entre l'acide oléique et linoléique est observée en faveur de l'acide linoléique due à l'activité de l'enzyme oléate désaturase, qui transforme l'acide oléique en linoléique.

L'huile H4 (Beni Maouche ) se caractérise par le pourcentage le plus faible en acide linoléique de 0,7 %, tandis que les autres échantillons notent des pourcentages allant de 1,03 % à 1,53 %, qui excède 1% limite établie par la norme COI. En effet un excès en cet acide gras, a été déjà noté sur des variétés d'huiles d'olives marocaine (**EL Antari et al., 2003**)

Le pourcentage le plus élevé en acide palmitique (16,40 %) est enregistré par les huiles H1 et H7, Selon **Manai et al. (2006)**, un taux élevé en cet acide gras se traduit par une figéabilité de l'huile à de basses températures.

L'acide stéarique rapporté comme facteur de caractérisation variétale par **El Antari et al. (2003)** caractérise les huiles H4 et H1 (3,45 et 3,67 % respectivement). Par ailleurs, ces mêmes huiles (H4 et H1) se distinguent par le taux le plus faible en acide palmitoléique (0.9 %) par rapport aux autres échantillons d'huiles d'olives étudiées.

Selon l'étude réalisée par **Paz Romero et al. (2003)**, les variations en acides gras dépendent des facteurs environnementaux, tel que la luminosité, la température ainsi que le stress hydrique qui affectent le taux de lipides et le métabolisme dans l'olive.

Les pourcentages en acides gras saturés (AGS) et insaturés (AGI) ont été également calculés, ces derniers montrent une variation entre les échantillons d'huiles, L'huile H6

(Akbou) et l'huile H4 (Beni Maouche) détiennent les pourcentages les plus importants en AGI soit 82,85 % et 82,78 % respectivement, montrant ainsi les rapports AGI/AGS les plus élevés par rapport aux autres oléastres (4,84 et 4,82% respectivement), alors que les taux les plus élevés en AGS caractérisent les huiles H7 (Ifnayen) et H5 (Tichy ) avec des pourcentages respectifs de 19,55 et 19%, soit des rapports AGI/AGS de 4,11 et 4,26 % respectivement.

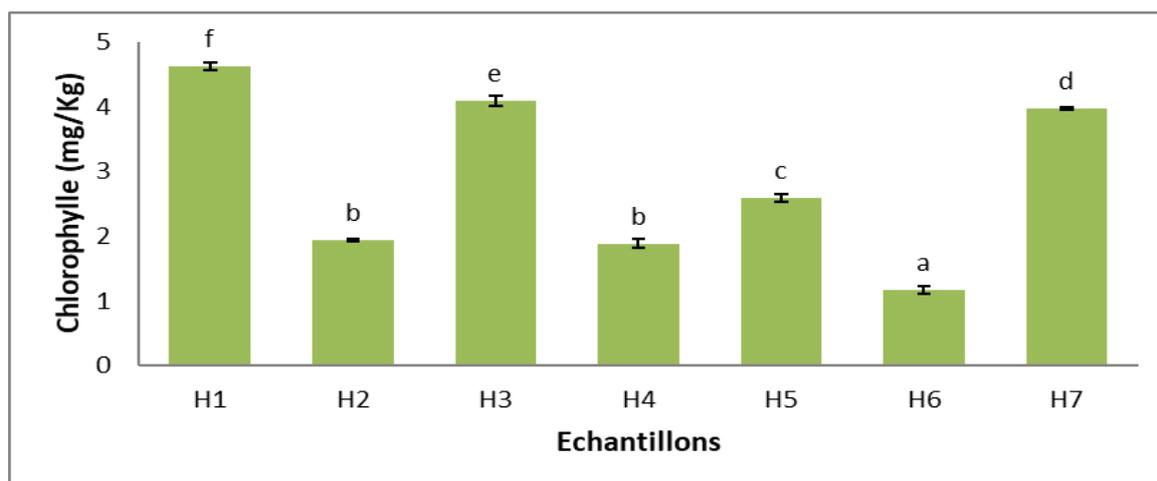
D'après **Douzane *et al.* (2010)**, une augmentation de ce rapport (AGS/AGI), pour des variétés plantées à haute altitude est probablement liée aux basses températures qui favorisent l'insaturation, alors qu'à basse altitude c'est plutôt les acides gras saturés qui sont favorisés.

Selon **Rousseaux *et al.* (2020)** le facteur principal qui définit la composition et le taux des acides gras dans l'huile d'olive est le cultivar, qui a une relation direct avec la génétique de l'olive.

#### 4. Dosage des pigments

##### 4.1. Chlorophylles

Les résultats du dosage de la chlorophylle ont montré que les valeurs des sept échantillons d'huiles étudiées (Figure 7) varient entre un minimum de 1,17 mg/kg (H6 de la région d'Akbou) et un maximum de 4,628 mg/kg (H1 de Sidi Aich). Des différences significatives ( $p < 0,05$ ) sont enregistrées entre les échantillons, néanmoins aucune différence n'a été enregistrée entre les huiles H2 et H4.



**Figure 7 :** Teneur en chlorophylles des échantillons d'huiles d'olive étudiées.

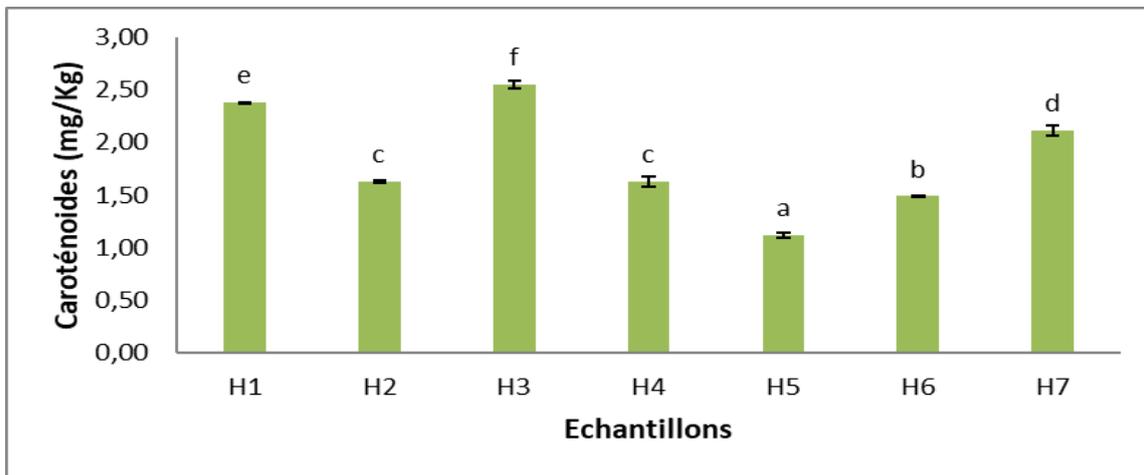
\*Les mêmes lettres indiquent une différence non significative ( $p < 0,05$ )

Les teneurs obtenues sont proches de celles trouvées par **Jolayemi et al. (2021)** sur des huiles d'olive de variétés turque dont leurs valeurs varient de 0,6 à 5,6 mg/kg, et inférieures à celles trouvées par **Piscopo et al. (2021)** sur des huiles d'olive italiennes (entre 3,03 et 10,95 mg/kg).

D'après **Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, (1996)**, une huile d'olive extra vierge présente des teneurs en chlorophylles variant de 0 à 20 mg/kg dont 40 à 80 % sont des phéophytines. Les teneurs en chlorophylles des fruits diminuent au fur et à mesure de leur maturation suite à la diminution progressive de l'activité photosynthétique.

#### 4.2. Caroténoïdes

Les résultats du dosage des caroténoïdes des sept échantillons d'huiles d'olives étudiées sont illustrés dans la figure 8.



**Figure 8** : Teneur en caroténoïdes des huiles d'olive étudiées.

\*Les mêmes lettres indiquent une différence non significative ( $p < 0,05$ )

Les huiles d'olives étudiées enregistrent des teneurs en caroténoïdes qui varient entre 1,11 mg/kg (H5 de Tichy) et 2,55 mg/kg (H3 de Takrietz). L'analyse de la variance note des différences significatives entre les échantillons, mais aucune différence n'a été enregistrée entre les huiles H2 et H4.

Les teneurs en caroténoïdes de nos huiles concordent avec celles trouvées par **Jolayemi et al., (2021)** sur des huiles d'olives turques (entre 0,6 et 3,3 mg/kg) et restent inférieures de celles enregistrées par **Piscopo et al. (2021)** sur des huiles d'olive italiennes (entre 2,28 et 7,16 mg/Kg). Les faibles taux en caroténoïdes enregistrés par nos échantillons, peuvent être expliqués par leur rôle protecteur contre la photooxydation en désactivant l'oxygène singulet, ainsi que par leur oxydation pendant le processus de maturation.

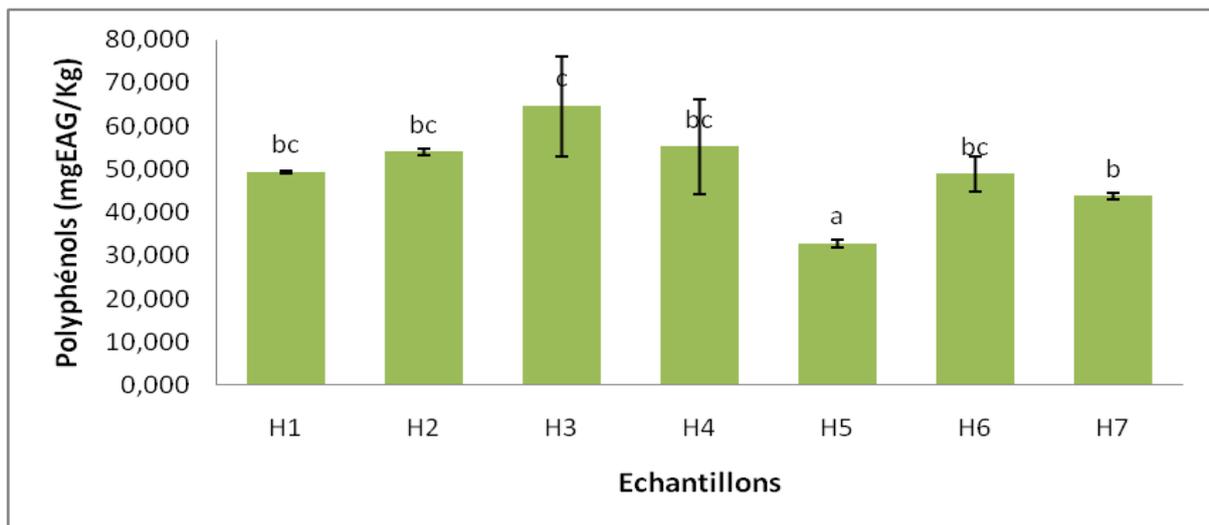
Les facteurs influençant la concentration en pigments dans l'huile d'olive sont divers et reliés, les études menées par **Jimenez-Lopez *et al.*, (2020)** et **Arrizabalaga-Larrañaga *et al.*, (2020)**, ont montré que le degré de maturation des olives affecte négativement le contenu en pigments, en effet les olives mûres contiennent moins de pigments que les olives vertes, et que le climat ainsi que les conditions de croissance sont des déterminants importants du profil pigmentaire. Aussi le processus et les conditions d'extraction de l'huile d'olive peuvent altérer le profil naturel des pigments notamment la température, l'exposition à la lumière et l'acidité, les chlorophylles dans les milieux acides sont facilement converties en phéophytines, ce qui peut entraîner un changement de couleur de l'huile d'olive. Les conditions de stockage ainsi que le choix de l'emballage final influencent également la concentration et la composition en pigments.

## 5. Les composés phénoliques

### 5.1. Dosage colorimétrique

#### 5.1.1. Les polyphénols totaux

Les résultats du dosage colorimétrique des polyphénols totaux des extraits d'huiles étudiées exprimés en mg EAG/kg d'huile oscillent entre 32,73 et 73,17 mg EAG/kg (Figure 9). L'analyse statistique révèle des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les échantillons.



**Figure 9 :** Teneur en polyphénols totaux des huiles étudiés.

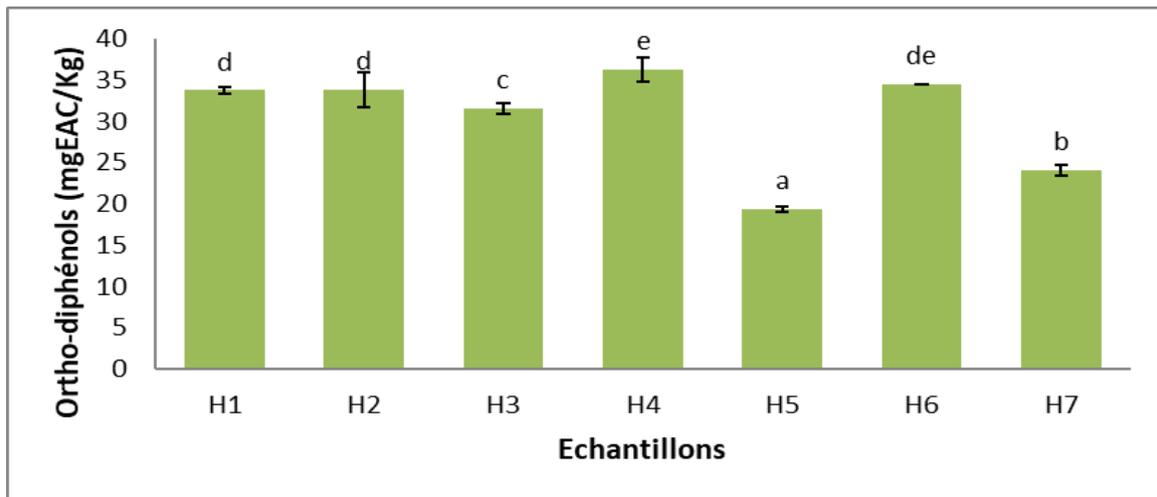
\*une différence dans les lettres indique une différence significative ( $p < 0,05$ )

Les teneurs en polyphénols de nos huiles d'olives sont proches de celles obtenues par **Gulfraz et al. (2009)** sur des huiles de variétés pakistanaises avec des teneurs qui oscillent entre 23,6 et 92,4 mg/kg , et de celles obtenues par **Dhifi et al. (2006)** sur des variétés tunisiennes ( entre 18,2 et 162,8 mg/kg ), en revanche elles sont inférieures à celles enregistrées par **Korkmaz et al. (2023)** sur des variétés turques (234,7 à 350,6 mg/kg).

Les faibles teneurs en polyphénols enregistrées par nos échantillons peuvent être en relation avec différents paramètres : notamment l'effet variétal, en effet, chaque variété d'olive possède naturellement une teneur en composés phénoliques qui lui est propre (**Di Lecce et al., 2020**) ; le procédé d'extraction de l'huile a également un impact significatif sur la quantité et la composition totale des polyphénols (**Gimeno et al., 2002**) . Selon **Torres et Maestri (2006)**, les huiles obtenues par pression contiennent généralement une concentration plus élevée en polyphénols que celles extraites par centrifugation, et la centrifugation biphasée conserve mieux ces composés grâce à une séparation moins rigoureuse des phases, par rapport à celle triphasée qui est plus complète dans sa séparation des phases (**Ammar et al., 2014**) et même pendant la trituration, les systèmes continus peuvent entraîner une perte de polyphénols solubles, qui sont éliminés dans les margines (**Del Caro et al., 2006**) ; mais également les processus d'oxydation qui dégradent les polyphénols dans la pulpe des olives, surtout lorsqu'elles sont stockées à des températures élevées. (**Clodoveo et al., 2007** ; **Tamendjari et al ., 2009**).

### 5.1.2. Les ortho-diphénols

Les teneurs en *ortho*-diphénols exprimées en mg EAC/kg d'huile des échantillons étudiés, sont illustrés dans la figure 10. Les valeurs des *ortho*-diphénols oscille entre 19,39 mg EAC/kg et 36,32 mg EAC/kg d'huile, l'analyse de la variance révèle des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les échantillons, mais aucune différence n'a été enregistrées entre les huiles (H1, H2 et H6) et entre (H4 et H6).



**Figure 10** : Teneur en *ortho-diphénols* des huiles d'olive étudiées.

\*une différence dans les lettres indique une différence significative ( $p < 0,05$ )

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par **Haddam *et al.*, (2014)** sur des huiles d'olives des variétés marocaines et espagnols (entre 27 et 45 mg EAC/kg), et restent supérieurs aux valeurs obtenues par **Enache *et al.*, (2013)** sur des huiles conservées pendant différentes années mais issues du même variété d'olive, leurs teneurs varient de 3,6 à 7,69 mg EAC/kg, tandis que pour une huile âgée de dix ans, aucun ortho-diphénol n'a été détecté.

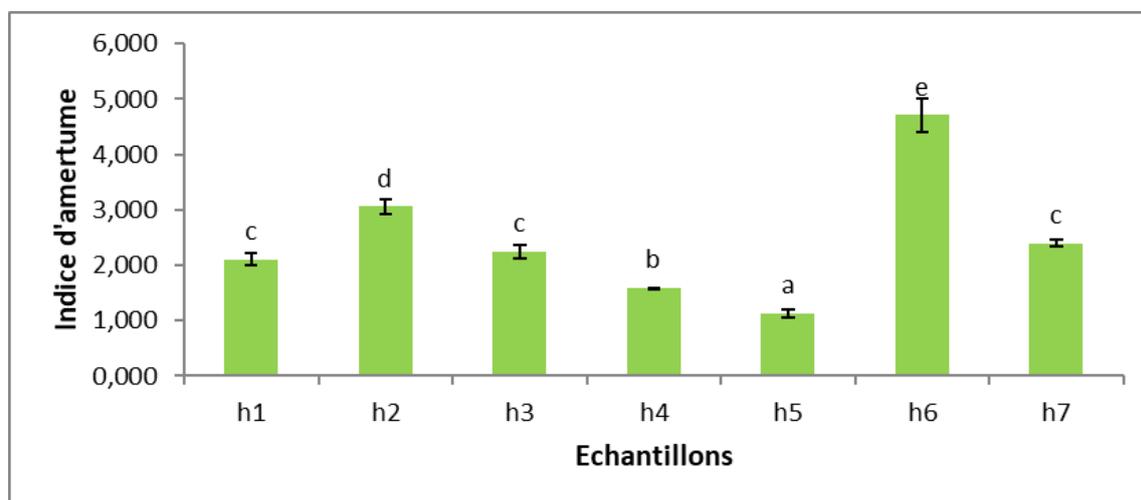
L'étude menée par **Zouari *et al.* (2020)** a révélé que l'utilisation des engrais biostimulants ont un impact significatif sur les paramètres de l'huile d'olive, et que les traitements simples à l'azote et ceux riches en bore et en calcium augmentent la teneur en polyphénols totaux ainsi qu'en ortho-diphénols.

Les travaux d'**Ouni *et al.* (2012)** ont rapporté que les *ortho-diphénols* peuvent être identifiés comme les principaux composés contribuant à l'activité antioxydante globale des huiles d'olive extra vierges, et peuvent donc jouer un rôle majeur dans la préservation des huiles et influencer leurs caractéristiques organoleptiques.

## 6. Indice d'amertume

L'amertume est considérée comme un attribut positif à des intensités tolérables dans l'huile d'olive vierge (**Inarejos-Garcia *et al.*, 2009**). Les résultats de l'indice d'amertume de nos échantillons sont représentés dans la figure 11. Les résultats varient de 1,123 pour l'huile H5 de la région de Tichy, à 4,707 pour l'huile H6 de la région d'Akbou. Des différences

significatives ont été enregistrées entre les échantillons, néanmoins aucune différence n'a été notée entre les huiles H1, H3 et H7 .



**Figure 11** : Indice d'amertume des huiles d'olives étudiés.

\*Les mêmes lettres indiquent une différence non significative ( $p < 0,05$ )

Les résultats obtenus sont semblables à ceux enregistrés par **Di Lecce *et al.* (2020)** sur des huiles des variétés italiennes, dont l'amertume varie de 1,9 à 4,1 , mais sont supérieurs à ceux analysés par **García-Mesa *et al.* (2008)** sur des huiles d'olives de variété Arbequina et Picual.

L'amertume de l'huile d'olive est influencée par plusieurs facteurs clés notamment le degré de maturation des olives qui joue un rôle crucial, vu qu'il affecte les transformations chimiques à l'intérieur des drupes, modifiant ainsi la composition des phénols responsables de l'amertume. De plus, la variété d'olive utilisée est un facteur déterminant, avec des variétés présentant des profils de phénols différents, notamment une plus grande teneur en oleuropéine dans les olives à drupes plus petites **Škevin *et al.*, (2003)**.

L'étude menée par **García-Mesa *et al.* (2008)** a montré que la composition lipidique, notamment le niveau d'insaturation des acides gras, joue un rôle clé dans la perception de l'amertume dans les huiles d'olive. Les huiles contenant une plus grande quantité d'acides gras polyinsaturés sont généralement associées à une saveur moins amère et plus douce, par opposition à celles riches en acides gras monoinsaturés.

# *Conclusion*

Cette étude a été réalisée en vue d'évaluer la qualité de sept échantillons d'huiles d'olive commerciales de la région de Bejaia, récoltées au cours de la campagne oléicole 2023 /2024. L'étude a porté sur la détermination de la qualité physique et chimique ainsi que sur la composition biochimique.

La détermination des indices de qualité des huiles étudiées a montré que les valeurs obtenues pour l'acidité (0,66 à 2,92%) ainsi que l'indice de peroxyde (excepté l'huile H2) dépassent les normes fixées par le conseil oléicole international pour une huile d'olive extra vierge. Par ailleurs les extinctions spécifiques dans l'UV ( $K_{232}$  et  $K_{270}$ ), à l'exclusion de l'huile H7 pour le  $K_{270}$ , sont conformes à cette norme pour une huile d'olive extra vierge. Concernant les analyses physiques (densité, indice de réfraction et viscosité), les résultats ont montré une conformité aux normes internationales assurant la pureté des huiles étudiées.

Le profil en acides gras a montré une prédominance de l'acide oléique dans toutes les huiles analysées dépassant les 60%, bien que l'échantillon H2 de la région de Remila présente un niveau d'acide oléique (39,09%) inférieur aux normes établies par le COI.

Les teneurs en pigments de nos échantillons sont assez faibles, ce qui est en relation directe avec le degré de maturation des olives qui affecte négativement le contenu en pigments.

Les taux en polyphénols totaux et *ortho*-diphénols déterminés par dosage colorimétrique, ont montré que nos échantillons d'huiles présentent des teneurs assez faibles en composés phénoliques totaux (entre 32,84 à 64,59 mg/kg) en se référant à la bibliographie, par ailleurs les concentrations en *ortho* –*diphénols* sont appréciables pour l'ensemble des échantillons analysés (19,39 à 36,31mg/kg).

La détermination du degré d'amertume de nos huiles a mis en évidence la conformité de la plupart des échantillons aux normes.

Au terme de cette étude, nous constatons que les huiles d'olives commerciales dépend de plusieurs paramètres et que des études complémentaires et approfondies impliquant plus d'échantillons et une évaluation qualitative et quantitative tels que les tocophérols les composés volatils, sont essentiels pour corroborer ces résultats et mieux caractériser les huiles d'olives commerciale. Pour cela, plusieurs axes de recherche peuvent être soulevés à savoir :

- ✓ Elargir l'échantillonnage sur d'autres huiles d'olive commerciales de différentes régions
- ✓ Évaluer la stabilité oxydative au fil du temps et du stockage.
- ✓ Examiner l'impact de l'emballage sur l'évolution de la qualité des huiles d'olive commerciales.

*Références*

*bibliographiques*

## Références bibliographiques

- **Ammar, S., Zribi, A., Mansour, A. B., Ayadi, M., Abdelhedi, R., & Bouaziz, M. (2014).** Effect of processing systems on the quality and stability of Chemlali olive oils. *Journal of oleo science*, 63(4), 311-323.
- **Arafat, S. M., El-Baset, A., Salah, W., & ElLabban, A. (2022).** The quality of olive oil extracted from some olive varieties cultivated by highly intensive in Egypt. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(8), 407-417.
- **Arrizabalaga-Larrañaga, A., Rodríguez, P., Medina, M., Santos, F. J., & Moyano, E. (2020).** Pigment profiles of Spanish extra virgin olive oils by ultra-high-performance liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(7), 1075-1086.
- **Aydar AY., Bagdatlioglu N. et Köseoglu O. 2017.** Effect of ultrasound on olive oil extraction and optimization of ultrasound-assisted extraction of extra virgin olive oil by response surface methodology (RSM). *Grasas y Aceites*.68, 1-11
- **Baccouri, B., Sieren, T., Mohamed, S. N., & Willenberg, I. (2023).** Fingerprinting of tocopherol, phenolic compounds and oxidative properties of unstudied minor and rare Tunisian olive oils. *South African Journal of Botany*, 156, 54-64.
- **Belaj, A., Muñoz-Diez, C., Baldoni, L., Satovic, Z., & Barranco, D. (2010).** Genetic diversity and relationships of wild and cultivated olives at regional level in Spain. *Scientia Horticulturae*, 124(3), 323-330.
- **Belaj. A C Muñoz-Diez, C., Baldoni, L., Satovic, Z. et Barranco, D. (2010).** Diversité génétique et relations entre les olives sauvages et cultivées au niveau régional en Espagne. *Scientia Horticulturae* , 124 (3), 323-330.
- **Beltrán, G., Del Rio, C., Sánchez, S., & Martínez, L. (2004).** Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from cv. Picual. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3434-3440
- **Benkhedda, B., & Spécialité, D. F.** offre de formation master.
- **Berto, B. M. (2020).** Caracterização de azeites de oliva produzidos no Brasil e monitoramento da sua qualidade oxidativa durante o armazenamento.
- **Bianchi,G (2003).** Lipids and phenols in table olive. *Journal Lipid Science Technology* 105 :229-242.

- **Blanco-Benítez, M., Calderón-Fernández, A., Canales-Cortés, S., Alegre-Cortés, E., Uribe-Carretero, E., Paredes-Barquero, M., ... & Yakhine-Diop, S. M. (2022).** Biological effects of olive oil phenolic compounds on mitochondria. *Molecular & Cellular Oncology*, 9(1), 2044263.
- **Boskou, D. (2007).** Olive oil. More on mediterranean diets, 97, 180-210.
- **Boskou, D., Blekas, G., & Tsimidou, M. (2006).** Olive oil composition. In *Olive oil* (pp. 41-72). AOCS press.
- **Boucheffa, S., Tamendjari, A., Sanchez-Gimeno, A. C., Rovellini, P., Venturini, S., di Rienzo, V., ... & Montemurro, C. (2019).** Diversity assessment of Algerian wild and cultivated olives (*Olea europaea* L.) by molecular, morphological, and chemical traits. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(1), 1800302.
- **BouJaoude, S., & Santourian, G. (2012).** The status of the nature of science in science education in Lebanon. *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies*, 107-122.
- **Breton, C., Terral, J.-F., Pinatel, C., Médail, F., Bonhomme, F. et Bervillé, A. (2009).** Les origines de la domestication de l'olivier. *Comptes Rendus Biol.*, 332(9), 1059-1064.
- **Clodoveo M.L., delcuratolo D., gomez T. and colelli G. (2007).** Effect of different temperatures and storage atmospheres on coratina olive oil quality. *Food chemistry* 102: 571–576.
- **Conseil Oléicole International .2018.** Analyse sensorielle de l'huile d'olive, méthode d'évaluation organoleptique de l'huile d'olive vierge. COI/T.20/Doc. no 15/Rév. 10. 20p.
- **Conseil Oléicole International .2022.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. Coi/t.15/nc no 3/ rev.19/2022
- **Conseil Oléicole International .2023.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. conseil oléicole international coi/t.15/nc n° 3/rév. 14.
- **Conseil Oléicole International .2024.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. conseil oléicole international coi/t.15/nc n° 3/rév. 14.

- **Conte, P., Fadda, C., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., & Piga, A. (2020).** Table olives: An overview on effects of processing on nutritional and sensory quality. *Foods*, 9(4), 514.
- **D Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C., & Masella, R. (2007).** Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali-Istituto Superiore di Sanita*, 43(4), 348.
- **Del Caro A., Vacca V., Poiana M., Fenu P., Piga A. (2006).** Influence of technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and destoned
- **Dhifi, W., Khedher, M. B., Kechouk, M. E., & Marzouk, B. (2006).** Etude qualitative et quantitative des arômes et des polyphénols de quelques huiles d'olive de Tunisie. *Olivae* (105), 36-40.
- **Di Lecce, G., Piochi, M., Pacetti, D., Frega, N. G., Bartolucci, E., Scortichini, S., & Fiorini, D. (2020).** Eleven monovarietal extra virgin olive oils from olives grown and processed under the same conditions: Effect of the cultivar on the chemical composition and sensory traits. *Foods*, 9(7), 904.
- **Di Stefano, V., & Melilli, M. G. (2020).** Effect of storage on quality parameters and phenolic content of Italian extra-virgin olive oils. *Natural product research*, 34(1), 78-86.
- **Domingues, E., Fernandes, E., Gomes, J., Castro-Silva, S., & Martins, R. C. (2021).** Olive oil extraction industry wastewater treatment by coagulation and Fenton's process. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101818.
- **Douzane, M., Daas, M. S., Ait Ouazou, A., Anane, C., Moussi, S., Abdi, A., ... & Amrani, S. (2023).** Étude de la variabilité physico-chimique de l'huile d'olive de différents cultivars introduits et un cultivar local. *Recherche Agronomique*, 21(1), 5-23.
- **Ebrahimi, Y., AL-Baghdady, H. A. F. A., Hameed, N. M., Iswanto, A., Shnain Ali, M., Hammoodi, H. A., ... & Pirhadi, M. (2022).** Common fatty acids and polyphenols in olive oil and its benefits to heart and human health. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 1-7.
- **Ellis, A. C., & Gámbaro, A. (2024).** Description of virgin olive oil: Descriptive evaluation by trained assessors vs flash profile using panels with diverse degrees of training. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 36, 100895.

- **Enache, T. A., Amine, A., Brett, C. M., & Oliveira-Brett, A. M. (2013).** Virgin olive oil ortho-phenols—electroanalytical quantification. *Talanta*, *105*, 179-186.
- **Fernández-Poyatos, M. D. P., Llorent-Martínez, E. J., & Ruiz-Medina, A. (2021).** Effect of ripening on the phenolic composition and mineral content of three varieties of olive fruits. *Foods*, *10*(2), 380.
- **Filoda, P. F., Chaves, F. C., Hoffmann, J. F., & Rombaldi, C. V. (2021).** Olive oil: A review on the identity and quality of olive oils produced in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *43*, e-847.
- **Finicelli, M., Squillaro, T., Galderisi, U., & Peluso, G. (2021).** Polyphenols, the healthy brand of olive oil: Insights and perspectives. *Nutrients*, *13*(11), 3831.
- **Gagour, J., Hallouch, O., Asbbane, A., Bijla, L., Laknifli, A., Lee, L. H., ... & Gharby, S. (2024).** A Review of Recent Progresses on Olive Oil Chemical Profiling, Extraction Technology, Shelf-life, and Quality Control. *Chemistry & Biodiversity*, *21*(4), e202301697.
- **García Martín, J. F. (2022).** Potential of near-infrared spectroscopy for the determination of olive oil quality. *Sensors*, *22*(8), 2831.
- **García-Mesa, J. A., Pereira-Caro, G., Fernández-Hernández, A., Civantos, C. G. O., & Mateos, R. (2008).** Influence of lipid matrix in the bitterness perception of virgin olive oil. *Food Quality and Preference*, *19*(4), 421-430.
- **Ghanbari, R., Anwar, F., Alkharfy, K. M., Gilani, A. H., & Saari, N. (2012).** Valuable nutrients and functional bioactives in different parts of olive (*Olea europaea* L.) a review. *International journal of molecular sciences*, *13*(3), 3291-3340.
- **Gharby, S., Hajib, A., Ibourki, M., Nounah, I., Moudden, H. E., Elibrahimi, M., & Harhar, H. (2021).** Induced changes in olive oil subjected to various chemical refining steps: A comparative study of quality indices, fatty acids, bioactive minor components, and oxidation stability kinetic parameters. *Chemical Data Collections*, *33*, 100702.
- **Ghreishi Rad, S. A., Jalili, M., Ansari, F., Rashidi Nodeh, H., & Rashidi, L. (2023).** Maturity impact on physicochemical composition and polyphenol properties of extra virgin olive oils obtained from Manzanilla, Arbequina, and Koroneiki varieties in Iran. *Food Science & Nutrition*, *11*(9), 5396-5408.
- **Gimeno E., Castellote A. I., Lamuela-Raventos R. M., De la Torre M.C. and Lopez-Sabater M.C. (2002).** The effects of harvest and extraction methods on the

antioxidant content(phenolics, a-tocopherol, and b-carotene) in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 78: 207–211.

- **Giuffrè, A. M., Piscopo, A., Sicari, V., & Poiana, M. (2010).** The effects of harvesting on phenolic compounds and fatty acids content in virgin olive oil (cv Roggianella). *Riv. Ital. Sostanze Gr*, 87(1), 14-23.
- **Gómez-Cruz, I., del Mar Contreras, M., Romero, I., & Castro, E. (2024).** Towards the Integral Valorization of Olive Pomace-Derived Biomasses through Biorefinery Strategies. *ChemBioEng Reviews*, 11(2), 253-277.
- **Gomez-Ricoa, Fregapane G. and Salvador M.D. (2008).** Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils. *Food Research International*, 41: 433–440.
- **Gulfraz, M., Kasuar, R., Arshad, G., Mehmood, S., Minhas, N., Asad, M. J., ... & Siddique, F. (2009).** Isolation and characterization of edible oil from wild olive. *African Journal of Biotechnology*, 8(16), 3734.
- **Gündüz, G., & Konuşkan, D. B. (2022).** The effect of variety and maturity on quality criteria and sensory properties of Hatay olive oil.
- **Haddam, M., Chimi, H., & Amine, A. (2014).** Formulation d'une huile d'olive de bonne qualité. *OCL*, 21(5), D507.
- **Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., ... & Simal-Gandara, J. (2020).** Bioactive compounds and quality of extra virgin olive oil. *Foods*, 9(8), 1014.
- **Jolayemi, O. S., Tokatli, F., & Ozen, B. (2021).** UV–Vis spectroscopy for the estimation of variety and chemical parameters of olive oils. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4138-4149.
- **Kakagianni, M., Tsiknia, M., Feka, M., Vasileiadis, S., Leontidou, K., Kavroulakis, N., & Papadopoulou, K. K. (2023).** Above-and below-ground microbiome in the annual developmental cycle of two.
- **Kerbel, S. (2015).** Étude de la biologie florale et de la culture in vitro du pollen de quelques variétés d'olivier locales cultivées dans la région de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- **Klepo, T., Toumi, A., De La Rosa, R., LeÓN, L., & Belaj, A. (2014).** Agronomic evaluation of seedlings from crosses between the main Spanish olive cultivar

'Picual' and two wild olive trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(5), 508-512.

- **Klepo, T., Toumi, A., De La Rosa, R., LeÓN, L., & Belaj, A. (2014).** Agronomic evaluation of seedlings from crosses between the main Spanish olive cultivar 'Picual' and two wild olive trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(5), 508-512.
- **Korkmaz, A. (2023).** Characterization and comparison of extra virgin olive oils of Turkish olive cultivars. *Molecules*, 28(3), 1483.
- **Kostelenos, G. et Kiritsakis, A. (2017).** Histoire et évolution de l'olivier. Olives et huile d'olive comme aliments fonctionnels : bioactivité, chimie et transformation , 1-12. 6
- **Kostelenos, G. et Kiritsakis, A. (2017).** Histoire et évolution de l'Olivier. Dans F. Shahidi & A. Kiritsakis (Éds.), *Composants de l'huile d'olive et bienfaits pour la santé* (p. 1-12). Wiley.
- **Lazzeri, Y., 2009.** Les défis de la mondialisation pour l'oléiculture méditerranéenne, l'olivier en Méditerranée, Centre culturel Français de Tlemcen-Algérie, p. 24.
- **Mailer, R. J.** olive oil Laboratory Guidance.
- **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(4), 1865-1870.
- **Mouas, K., Djeziri, M., & Benakmoum, A. (2023).** influence of ripening index on the yield and quality of virgin olive oil in the boumerdes area.
- **Moukhli, A., El Bakkali, A., Essalouh, L., El Modafar, C., & Khadari, B.** Eclairage sur l'origine de la 'Picholine marocaine' par l'étude de parenté. *L'oléiculture au Maroc de la préhistoire à nos jours: pratiques, diversité, adaptation, usages, commerce et politiques*, 79-92.
- **Mousavi, S., Mariotti, R., Bagnoli, F., Costantini, L., Cultrera, N. G., Arzani, K., ... & Baldoni, L. (2017).** The eastern part of the Fertile Crescent concealed an unexpected route of olive (*Olea europaea* L.) differentiation. *Annals of Botany*, 119(8), 1305-1318.

- **Muñoz-Diez, C., Baldoni, L., Satovic, Z. et Barranco, D. (2010).** Diversité génétique et relations entre les olives sauvages et cultivées au niveau régional en Espagne. *Scientia Horticulturae*, 124 (3), 323-330.
- **Ollivier, D., Boubault, E., Pinatel, C., Souillol, S., Guérère, M., & Artaud, J. (2004).** Analyse de la fraction phenolique des huiles d'olive vierges. In *Annal Expert Forum Chem Toxicol* (Vol. 965, pp. 169-196).
- **Paiva-Martins, F., & Kiritsakis, A. (2017).** Olive fruit and olive oil composition and their functional compounds. *Olives and Olive Oil as Functional Foods: Bioactivity, Chemistry and Processing*, 81-115.
- **Paiva-Martins, F., & Kiritsakis, A. (2017).** Olive fruit and olive oil composition and their functional compounds. *Olives and Olive Oil as Functional Foods: Bioactivity, Chemistry and Processing*, 81-115.
- **Pardo, J. E., Rabadán, A., Suárez, M., Tello, J., Zied, D. C., & Álvarez-Ortí, M. (2021).** Influence of olive maturity and season on the quality of virgin olive oils from the area assigned to the protected designation of origin of “Aceite de la Alcarria”(Spain). *Agronomy*, 11(7), 1439.
- **Petrakis, C. (2006).** Olive oil extraction. In *Olive Oil* (pp. 191-223). AOCS Press.
- **Piscopo, A., Mafra, R., De Bruno, A., Romeo, R., Santacaterina, S., & Poiana, M. (2021).** Characterization of olive oils obtained from minor accessions in Calabria (Southern Italy). *Foods*, 10(2), 305.
- **Prata, R., Pereira, J. A., Rodrigues, N., Dias, L. G., Veloso, A. C., Casal, S., & Peres, A. M. (2018).** Olive oil total phenolic contents and sensory sensations trends during oven and microwave heating processes and their discrimination using an electronic tongue. *Journal of Food Quality*, 2018(1), 7826428.
- **Quintanilla-Casas, B., Bustamante, J., Guardiola, F., García-González, D. L., Barbieri, S., Bendini, A., ... & Tres, A. (2020).** Virgin olive oil volatile fingerprint and chemometrics: Towards an instrumental screening tool to grade the sensory quality. *Lwt*, 121, 108936
- **Rousseaux, M. C., Cherbiy-Hoffmann, S. U., Hall, A. J., & Searles, P. S. (2020).** Fatty acid composition of olive oil in response to fruit canopy position and artificial shading. *Scientia Horticulturae*, 271, 109477.
- **Saoudi, B., Tichati, L., Lachraf, A., Kuddus, M., Touarfia, M., & Haberra, S. (2024).** Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity of Some Algerian

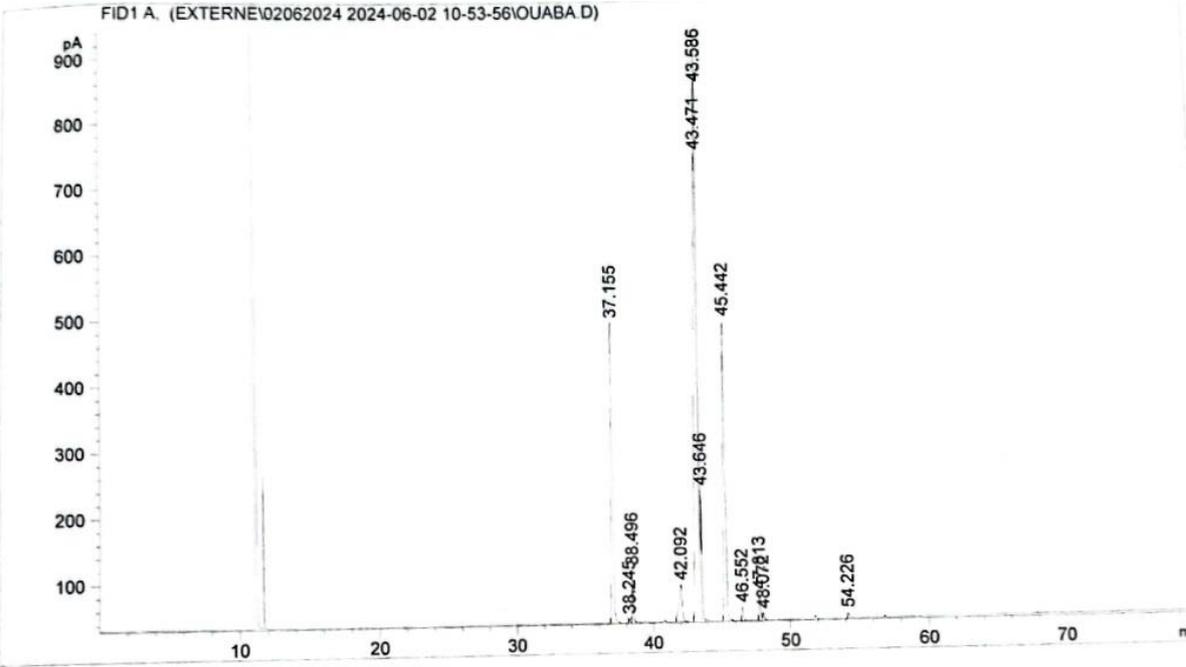
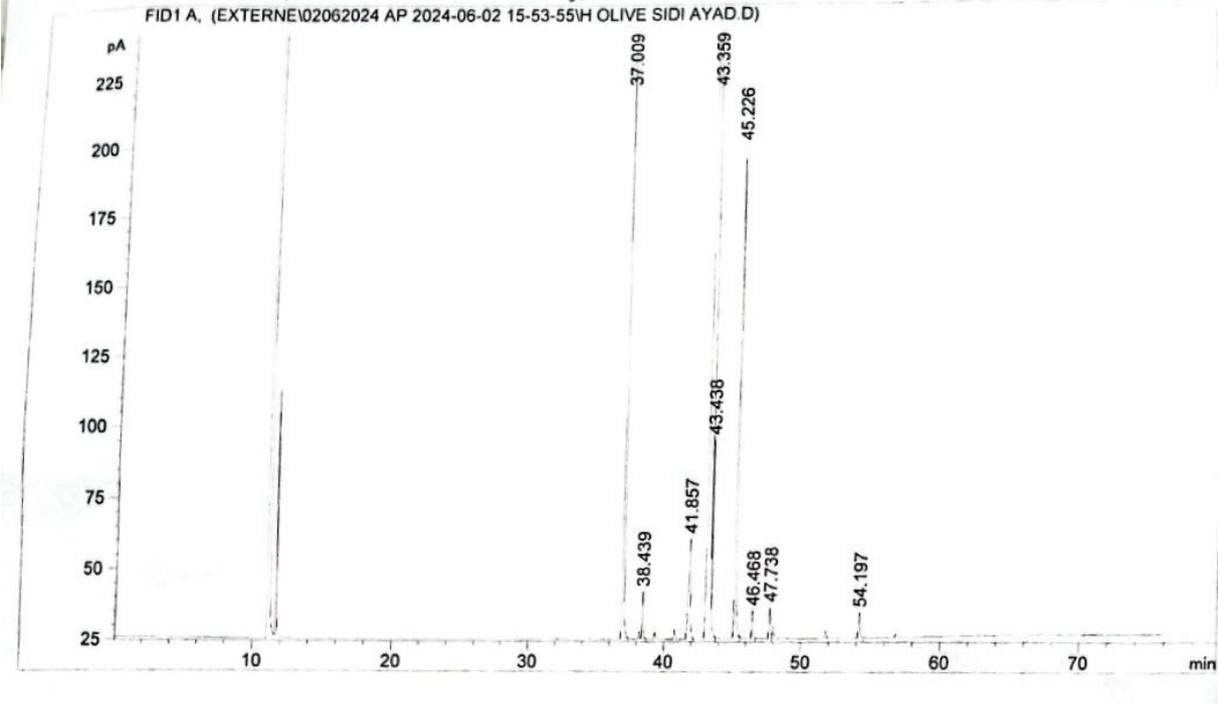
Extra Virgin Olive Oils (*Olea europaea* L.). *Current Nutrition & Food Science*, 20(7), 893-903.

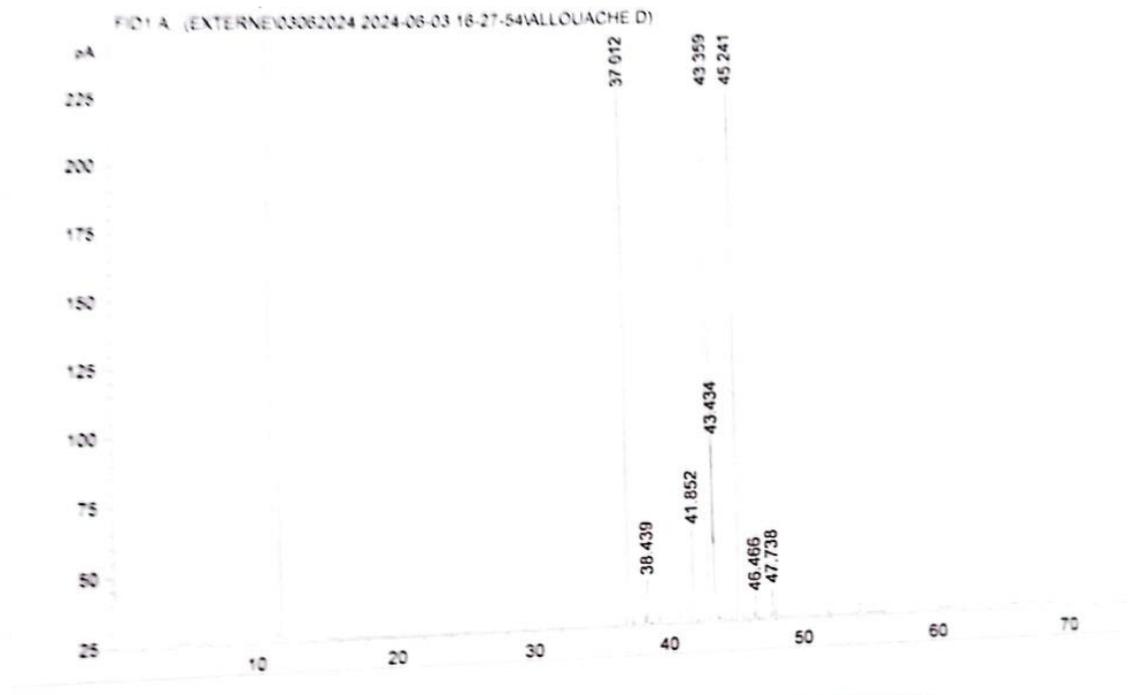
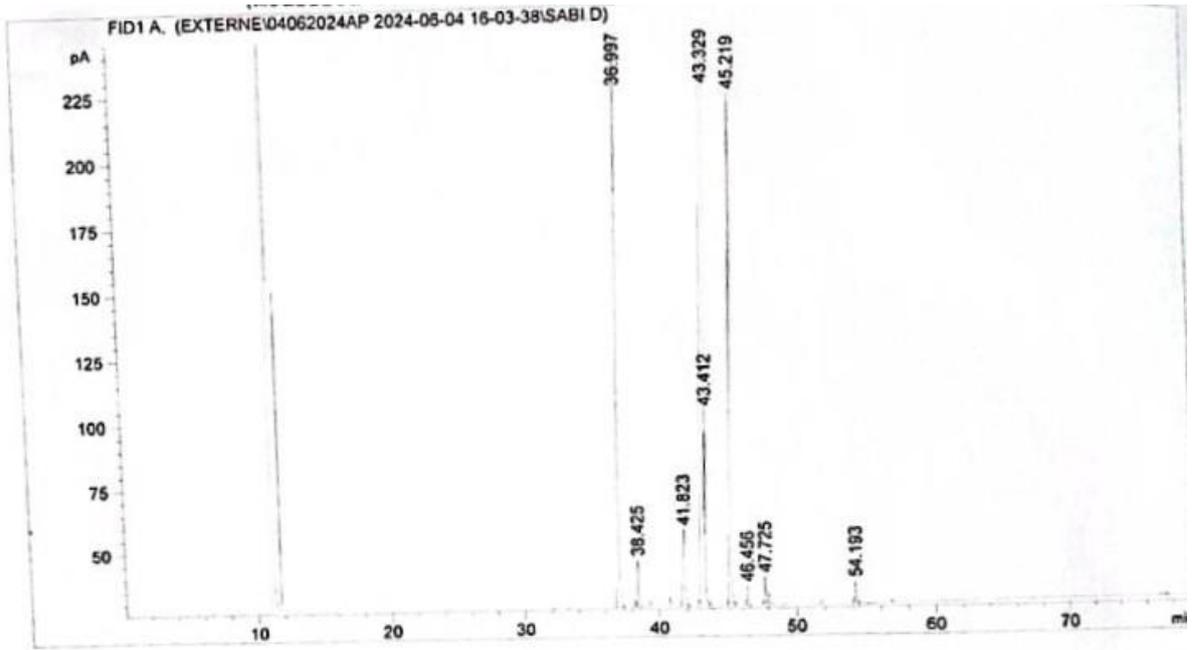
- **Sara, M., Bensmail, S., Salhi, O., & Djouahra-Fahem, D. (2022).** Effect of Extraction Method on Organoleptic, Physicochemical Properties and Some Biological Activities of Olive Oil from the Algerian Chemlal Variety. *European Journal of Biology*, 81(1), 58-67.
- **Selaimia, R. (2018).** Etude de l'huile d'olive d'Algérie (Doctoral dissertation).
- **Shendi, E., Sivri özay, D. İ. L. E. K., Özkaya, M., & Ustunel, N. (2020).** Determination of chemical parameters and storage stability of extra virgin olive oil extracted by Mobile Olive Oil Processing Unit. *OCL-oilseeds and Fats Crops and Lipids*, 27.
- **Škevin, D., Rade, D., Štrucelj, D., Mokrovšak, Ž., Neđeral, S., & Benčić, Đ. (2003).** The influence of variety and harvest time on the bitterness and phenolic compounds of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105(9), 536-541.
- **Tamendjari A., Angerosa F., Mettouchi S., and Bellal M. M. (2009).** The effect of flyattack (*Bactrocera oleae*) on the quality and phenolic content of Chemlal olive oil. *Grasas y Aceites*, 60, 5: 507-513
- **Tanouti, K., Elamrani, A., Serghini-caid, H., Khalid, A., Bahetta, Y., Benali, A., ... & Khiar, M. (2010).** Caractérisation d'huiles d'olive produites dans des coopérative pilotes (Iakrarma et Kenine) au niveau du Maroc Oriental. *Les technologies de laboratoire*, 5(18).
- **Torres M. M. and Maestri D. M. (2006).** The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Cordoba, Argentina). *Food Chemistry*, 96: 507–511.
- **Tovar M. J., Paz Romero M., Girona J. and Motilva M. J. (2002).** L-phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing olive (*Olea europaea*-1 cvarbequina) fruit grown under different irrigation regimes. *Journal of science of food and agriculture*, 82: 892-898
- **Tripoli, E., Giammanco, M., Tabacchi, G., Di Majo, D., Giammanco, S., & La Guardia, M. (2005).** The phenolic compounds of olive oil: structure, biological activity and beneficial effects on human health. *Nutrition research reviews*, 18(1), 98-112.

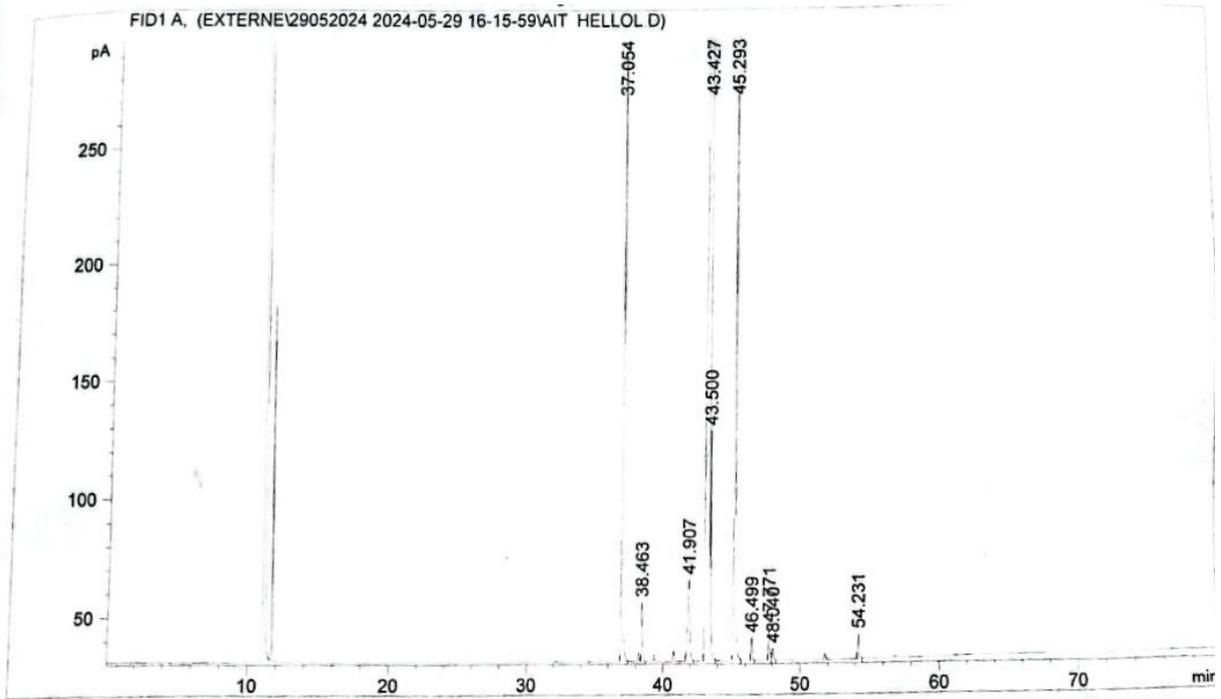
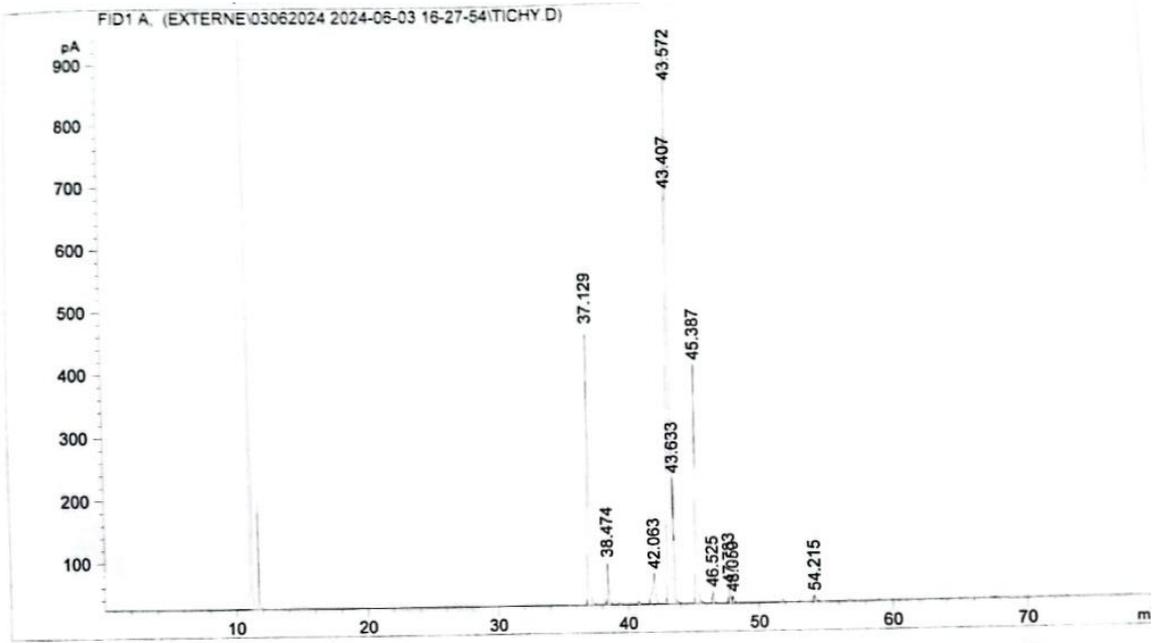
- **Veneziani G., Sordini B., Taticchi A., Esposito S., Selvaggini R., Urbani S., Di Maio . et Servili M. 2016.** Improvement of Olive Oil Mechanical Extraction: New Technologies, Process Efficiency, and Extra Virgin Olive Oil Quality. IntechOpen
- **Wali, A., Damak, F., Kawada, K., Isoda, H., Tamura, K., & Ksibi, M. (2021).** The effects of geographic region and cultivar on oxidative stability and elemental analysis of Tunisian extra virgin olive oil. *European Food Research and Technology*, 247, 1401-1409.
- **Zaidi, H., Meradi, O., & Bouznit, M. (2021).** La filière oléicole à Bejaia État des lieux, contraintes et perspectives The olive sector in Bejaia: Inventory, constraints and prospects. *Journal des Etudes Economiques Contemporaines* Volume, 6(02), 601-624.
- **Zouari, I., Mechri, B., Tekaya, M., Dabbaghi, O., Cheraief, I., Mguidiche, A., ... & Mezghani, M. A. (2020).** Olive oil quality influenced by biostimulant foliar fertilizers. *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 7(15), 3-18.

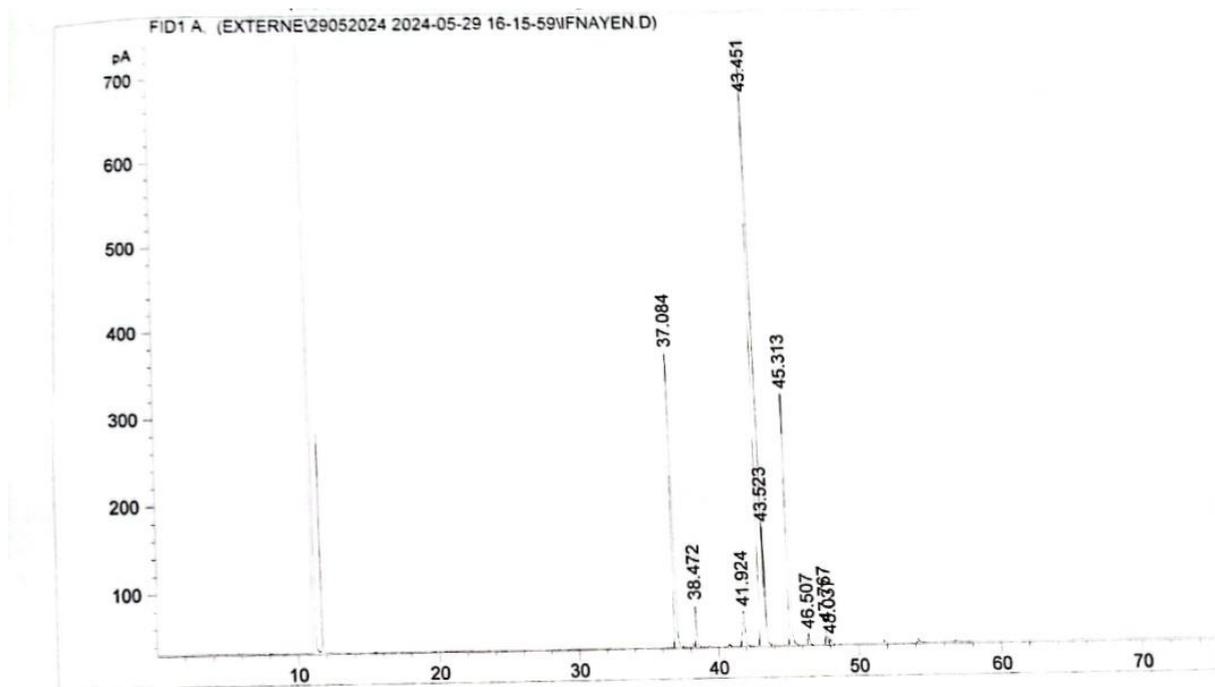
# *Annexes*

Annexe 1 : Chromatogrammes des acides gras

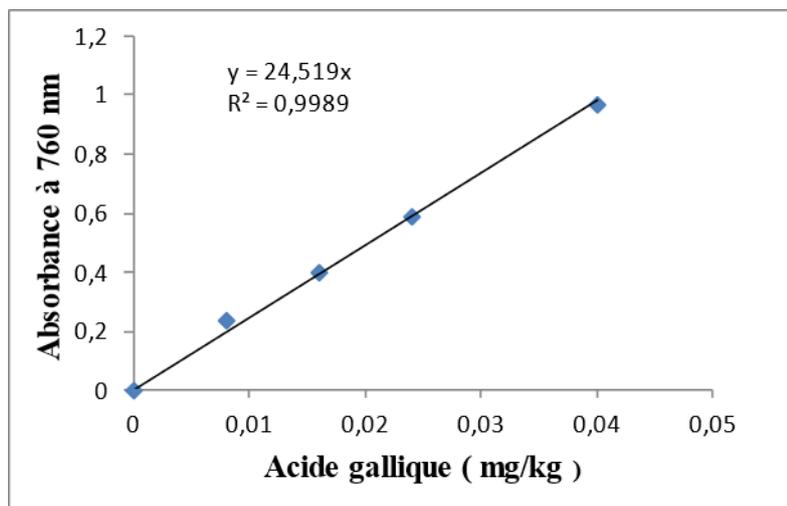




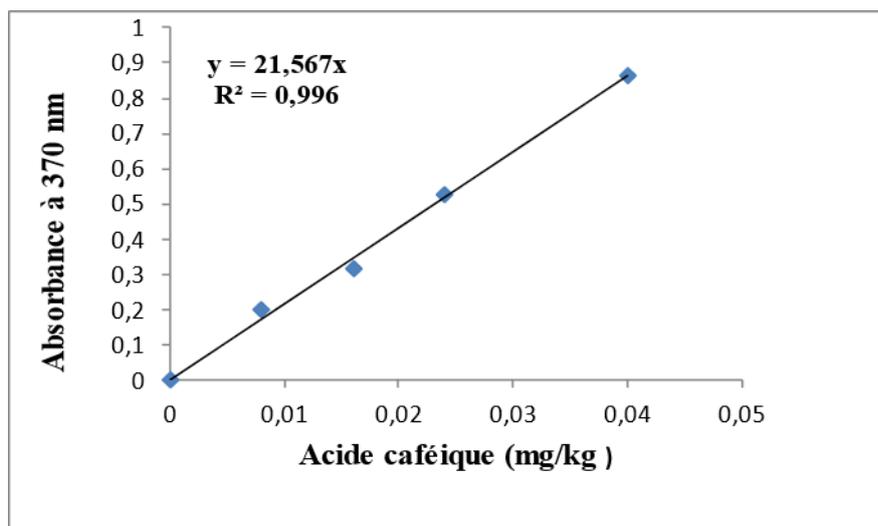




**Annexe 2 : Courbe d'étalonnage des polyphénols**



### Annexe 3 : Courbe d'étalonnage des orthodiphénols



## **Résumé**

L'huile d'olive, reconnue pour ses qualités exceptionnelles parmi les huiles végétales, se distingue non seulement par sa polyvalence en cuisine, mais aussi par ses nombreux bienfaits sur la santé. Le but de cette étude est d'évaluer la qualité de sept huiles d'olive commerciales provenant de différentes régions de la wilaya Bejaia, pendant la campagne oléicole 2023 / 2024, incluant les indices de qualité (physiques et chimiques), le dosage des polyphénols totaux ainsi que des ortho-diphénols, le dosage des pigments (chlorophylle et caroténoïdes), le profile en acide gras, ainsi que l'indice d'amertume. Les résultats de l'étude ont permis de classer les huiles analysées en fonction de leur acidité qui varie de 0,66 à 2,92% en trois catégories : huile d'olive vierge extra, huile d'olive vierge et l'huile d'olive ordinaire dont la prédominante est l'huile d'olive vierge. Ces résultats confirment l'impact des conditions de récolte, d'extraction, de stockage et la durée de conservation sur la qualité de l'huile produite.

## **Abstract**

Olive oil, recognized for its exceptional qualities among vegetable oils, stands out not only for its versatility in cooking, but also for its numerous health benefits. The aim of this study is to evaluate the quality of seven commercial olive oils from different regions of the Béjaïa wilaya, during the 2023/2024 olive growing season, including quality indices (physical and chemical), the dosage of polyphenols totals as well as ortho-diphenols, the dosage of pigments (chlorophyll and carotenoids), the fatty acid profile, as well as the bitterness index. The results of the study made it possible to classify the oils analyzed according to their acidity which varies from 0,66 to 2,92% into three categories: extra virgin olive oil, virgin olive oil and ordinary olive oil, the predominant of which is virgin olive oil. These results confirm the impact of harvesting, extraction, storage conditions and shelf life on the quality of the oil produced.

**Mots clés :** L'huile d'olive, La qualité, L'analyse physico-chimique, La norme.