République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 20 Août 1955-Skikda

Faculté des sciences

Département de Sciences Agronomiques

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

En Sciences alimentaires

Spécialité : Agro-alimentaire et qualité des produits

Thème

Impact du procédé d'extraction sur la qualité de L'huile d'olive

Présenté par :

BOUAKKEZ Hadil

Devant le jury composé de :

Dr LAIB l.	**MCA**	**Présidente**	**Université 20 Août 1955-Skikda**
Dr GHAOUES S.	**MCB**	**Promotrice**	**Université 20 Août 1955-Skikda**
Dr BECHIRI L.	**MCA**	**Examinatrice**	**Université 20 Août 1955-Skikda**
M^{elle} LOUAHEM B.		**Co-encadreur**	**Université 20 Août 1955-Skikda**

Année universitaire: 2025/2026

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur, Madame Ghaoues Souheila, pour son accompagnement, ses conseils précieux, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.

J'adresse également mes sincères remerciements à Madame Besma Amel Louahem, mon co-encadreur, pour son aide précieuse, son soutien, ses orientations et ses conseils pertinents. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour les efforts consacrés et l'accompagnement apporté durant l'élaboration de ce travail.

Je remercie également les membres du jury, notamment le Dr. Imen Laib, présidente du jury, et le Dr. Bechiri Loubna, examinatrice, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour l'intérêt qu'elles y porteront.

Je tiens aussi à remercier l'ensemble des enseignants qui ont contribué à ma formation durant mon parcours universitaire, pour leurs efforts, leurs conseils et les connaissances qu'ils m'ont transmises.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille, particulièrement à ma mère et mon père, ainsi qu'à mes frères et sœurs, pour leur amour, leur soutien et leurs encouragements tout au long de mon parcours.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont aidée, soutenue et encouragée de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

« Nous n'avons emprunté les débuts que par Sa facilité, nous n'avons atteint les fins que par Sa réussite, et nous n'avons réalisé les objectifs que par Sa grâce. Louange à Allah qui m'a guidé pour valoriser cette étape de mon parcours académique. »

Je dédie le fruit de mon labeur

À mon cher Père

À celui dont la sueur a couronné le front, à celui qui m'a appris que le succès ne s'obtient que par la patience et la persévérance. À la lumière qui a éclairé mon chemin, au flambeau dont la lueur ne s'éteindra jamais dans mon cœur. À celui qui a sacrifié ce qu'il avait de plus cher, et de qui j'ai puisé ma force et ma fierté.

À ma tendre Mère

À celle sous les pieds de qui Allah a placé le paradis, et qui a adouci mes difficultés par ses prières. À cette femme exceptionnelle dont j'ai tant souhaité réjouir le cœur en un jour tel que celui-ci.

À mes Frères et Sœurs

À mon soutien inébranlable et à la sécurité de mes jours. À ceux avec qui j'ai fortifié mes bras et qui ont été des sources pures où je me suis abreuvé. À ce que mes jours ont de meilleur et de plus pur.

À mon âme

Si ambitieuse, qui ne m'a jamais fait défaut un jour.

À ma précieuse famille

À vous tous, je dédie cette réalisation et le fruit de ma réussite tant espérée. Me voilà aujourd'hui, par Sa grâce Tout-Puissant, ayant accompli et parachevé ses premiers fruits.

« Louange à Allah pour ce qu'Il m'a accordé et enseigné, et je Lui demande de me bénir et de me venir en aide où que ce soit... Car celui qui dit "Je suis capable" y parvient, et j'en étais capable, et même si elle refusait, j'y suis parvenu malgré elle ! »Louange à Allah en guise de gratitude, d'amour et de reconnaissance... pour le début et la fin.

Et notre dernière invocation est : Louange à Allah, Seigneur de l'univers.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction…… 1

CHAPITRE 1
RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Olivier ……... 2
1.1. Historique…… 2
1.2. Classification botanique…….. 2
1.3. Description morphologique…… 2
1.3.1. Système racinaire…….. 3
1.3.2. Tronc et rameaux…….. 4
1.3.3. Feuilles…….. 5
1.3.4. Fleurs…… 5
1.3.5. Fruit…….. 6
2. Extraction de l'huile d'olive…….. 8
2.1. Récolte…… 8
2.2. Transport et stockage……. 9
2.3. Effeuillage et lavage……... 9
2.4. Broyage……... 10
2.5. Malaxage ……... 11
2.6. Systèmes d'extraction d'huile d'olive…… 11
2.6.1. Extraction traditionnelle …….. 11
2.6.2. Extraction par pression……. 12
2.6.3. Extraction par centrifugation à deux phases et à trois phases…….. 14
3. Huile d'olive…….. 16
3.1. Définition……. 16
3.2. Classification de l'huile d'olive ……. 16
3.3. Composition de l'huile d'olive……... 17
3.3.1. Fraction saponifiable…….. 17
3.3.2. Fraction insaponifiable……... 18
3.4. Propriétés physico-chimique……. 20
3.5. Facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive…….. 21
3.6. Bienfaits de l'huile d'olive……. 24

CHAPITRE 2
MATERIEL ET METHODES

1 Origine des échantillons……..... 23
2. Procédés d'extraction……. 23
2 .Analyses physico-chimiques…….. 26
2.1. Acidité libre……. 26
2.2. Indice de peroxyde…….. 28
2.3. Indice de saponification……... 30

CHAPITRE 3
RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats d'analyses physico-chimiques…… 32
1.1. Acidité libre…… 32
1.2. Indice de peroxyde……... 36
1.3. Indice de saponification……... 39
1.4. Analyse en Composante Principale……. 42
Conclusion……. 45
Références bibliographiques…….. 47
Annexe……. 56

Liste des figures

Figure 1 :	Principales parties d'un olivier (Argenson, 1999)……	3
Figure 2 :	Tronc de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012)……	4
Figure 3 :	Rameaux de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012)……..	4
Figure 4 :	Feuille de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012)……	5
Figure 5 :	Fleur de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012)……...	5
Figure 6 :	Coupe transversale et longitudinale de l'olive (AFIDOL, 2019)…….	6
Figure 7 :	Production traditionnel de l'huile d'olive dans la région des Ksours, située dans le sud de la Tunisie (Camps-Fabrer, 2016)……..	12
Figure 8 :	Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par pression (Tamasi *et al.*,2016)...	13
Figure 9 :	Système triphasé pour l'extraction de l'huile d'olive (Tamasi et al., 2016)……	15
Figure 10 :	Système d'extraction de l'huile d'olive par pression……...	24
Figure 11 :	Système continu d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à trois phase.	25
Figure 12 :	Étapes de détermination de l'acidité libre des échantillons l'huile d'olive……..	27
Figure 13 :	Étapes expérimentales de la détermination de l'indice de peroxyde de l'huile.	29
Figure 14 :	Étapes expérimentales de la détermination de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive……..	31
Figure 15 :	Acidité des échantillons d'huiles d'olive extraites par pression……	33
Figure 16 :	Acidité des échantillons d'huiles d'olive extraites centrifugation à trois phases..	34
Figure 17 :	Acidité des échantillons d'huiles d'olive extraites procédé traditionnel	35
Figure 18 :	Indice de peroxyde des échantillons d'huiles d'olive extraites par pression.	36
Figure 19 :	Indice de peroxyde des échantillons d'huiles d'olive extraites centrifugation à trois phases……...	37
Figure 20 :	Indice de peroxyde des échantillons d'huiles d'olive extraites procédé traditionnel.	38
Figure 21 :	Indice de saponification des échantillons d'huiles d'olive extraites par pression.	39
Figure 22 :	Indice de saponification des échantillons d'huiles d'olive extraites centrifugation à trois phases…….	40
Figure 23 :	Indice de saponification des échantillons d'huiles d'olive extraites procédé traditionnel……...	41
Figure 24 :	Graphique des valeurs propres (Scree plot) issu de l'ACP des paramètres physico-chimiques de l'huile d'olive……..	42

Figure 25 : Projection des paramètres de qualité de l'huile d'olive dans le cercle de corrélation des axes F1 et F2..... 43
Figure 26 : Graphique Biplot de l'ACP illustrant la variabilité des indices physico-chimiques selon le procédé d'extraction..... 44

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition chimique de l'olive (Hussain et al., 2021)……. 7

Tableau 2 : Origine et procédé d'extraction des échantillons d'huile d'olive…….. 23

Tableau 3 : Analyse des valeurs propres et de la variabilité cumulée des composantes principales (F1, F2, F3)…… 42

Liste des abréviations

AG	Acide gras
AGL	Acides gras libres
AGMI	Acides gras mono-insaturés
AGPI	Acides gras polyinsaturés
AGS	Acides gras saturés
ANOVA	Analyse de la variance
COI	Conseil Oléicole International
COV	Composés organiques volatils
EUMO	Eaux usées des moulins à olives
FAO	Food and Agriculture Organization
HCl	Acide chlorhydrique
IP	Indice de peroxyde
IS	Indice de saponification
ISO	Organisation Internationale de Normalisation
KI	Iodure de potassium
KOH	Hydroxyde de potassium
$Na_2S_2O_3$	Thiosulfate de sodium

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet du procédé d'extraction sur la qualité physicochimique de l'huile d'olive. Trois procédés d'extraction ont été appliqués : le procédé traditionnel, l'extraction par pression et la centrifugation à trois phases. Neuf échantillons d'huile d'olive, provenant de différentes localités de la wilaya de Skikda, ont été analysés. Les paramètres étudiés étaient l'acidité libre, l'indice de peroxyde et l'indice de saponification, conformément aux méthodes normalisées du Conseil oléicole international (COI) et aux normes ISO.

Les résultats ont montré des différences hautement significatives entre les procédés d'extraction . La centrifugation à trois phases a permis d'obtenir, dans la plupart des cas, des huiles présentant de meilleures caractéristiques physico-chimiques, tandis que le procédé traditionnel a montré une variabilité plus importante. Les résultats obtenus confirment que la qualité finale de l'huile dépend non seulement du procédé d'extraction, mais également de la qualité des olives, de leur maturité ainsi que des conditions de récolte, de stockage et de transformation.

Mots-clés : Huile d'olive ; Extraction, Pression ; Centrifugation ; Traditionnel ; Physico-chimiques.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of the extraction process on the physicochemical quality of olive oil. Three extraction methods were applied: the traditional method, pressure extraction, and the three-phase centrifugation process. Nine olive oil samples collected from different localities in the Skikda Province were analyzed. The studied parameters included free acidity, peroxide value, and saponification value, according to the standardized methods of the International Olive Council (COI) and International Organization for Standardization standards (ISO).

The results showed highly significant differences among the extraction methods. In most cases, the three-phase centrifugation process produced olive oils with better physicochemical characteristics, whereas the traditional method showed greater variability. The findings confirm that the final quality of olive oil depends not only on the extraction process but also on the quality of the olives, their degree of ripeness, as well as the harvesting, storage, and processing conditions.

Keywords: Olive oil; Extraction; Pressure; Three-phase centrifugation; Traditional method; Physicochemical properties.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير طريقة الاستخلاص على الجودة الفيزيائية والكيميائية لزيت الزيتون. وقد تم تطبيق ثلاث طرق للاستخلاص، وهي: الطريقة التقليدية، والاستخلاص بالضغط، والطرد المركزي ثلاثي المراحل. تم تحليل تسع عينات من زيت الزيتون مصدرها مناطق مختلفة من ولاية سكيكدة.

شملت المؤشرات المدروسة الحموضة الحرة، ورقم البيروكسيد، ورقم التصبن، وذلك وفقًا للطرق القياسية المعتمدة من طرف المجلس الدولي للزيتون ومعايير المنظمة الدولية للتوحيد القياسي.

أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية عالية بين طرق الاستخلاص. وقد أتاح الطرد المركزي ثلاثي المراحل، في معظم الحالات، الحصول على زيوت ذات خصائص فيزيائية وكيميائية أفضل، في حين أظهرت الطريقة التقليدية تباينًا أكبر في النتائج.

وتؤكد النتائج المتحصل عليها أن الجودة النهائية لزيت الزيتون لا تعتمد فقط على طريقة الاستخلاص، وإنما أيضًا على جودة ثمار الزيتون، ودرجة نضجها، وظروف الجني والتخزين والتحويل.

الكلمات المفتاحية: زيت الزيتون، الاستخلاص، الضغط، الطرد المركزي، الطريقة التقليدية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

L'olivier (*Olea europaea L.*) est l'une des espèces fruitières les plus emblématiques du bassin méditerranéen, où il représente une culture stratégique et durable occupant une place majeure dans les systèmes agricoles traditionnels. Sa répartition est fortement concentrée dans les régions méditerranéennes en raison de sa grande capacité d'adaptation aux conditions climatiques arides et semi-arides (COI, 2023).Au-delà de son importance agronomique et économique, l'olivier possède également une dimension culturelle et symbolique importante, notamment dans les traditions religieuses. Il est cité dans le Saint Coran dans plusieurs passages, soulignant sa valeur spirituelle, notamment dans la sourate At-Tīn : ﴿وَالتِّينِ وَالزَّيْتُونِ﴾ [At-Tīn : 1], ainsi que dans la sourate An-Nūr : ﴿يُوقَدُ مِن شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ﴾ [An-Nūr : 35].

Sur le plan écologique, l'olivier contribue significativement à la lutte contre l'érosion des sols, à la préservation de la biodiversité et à la stabilité des écosystèmes méditerranéens (Loumou et Giourga, 2021). En Algérie, il représente une filière agricole importante, participant au développement rural et à la sécurité alimentaire, avec une production en constante évolution ces dernières années (MADR, 2023).

L'huile d'olive, issue de l'extraction des fruits de l'olivier, est reconnue pour ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles. Elle est riche en acides gras mono-insaturés et en composés phénoliques, responsables de ses effets antioxydants et de ses bénéfices sur la santé humaine, notamment dans la prévention des maladies cardiovasculaires et inflammatoires (Servili et al., 2022 ; IOC, 2023).

Les procédés d'extraction ont connu une évolution importante, passant des méthodes traditionnelles aux technologies modernes telles que la centrifugation à deux et trois phases, permettant une meilleure efficacité et une amélioration de la qualité de l'huile produite (Boskou et al., 2021). Cependant, la qualité finale de l'huile d'olive dépend de plusieurs facteurs, notamment la variété, le stade de maturité des fruits, les conditions climatiques, ainsi que la méthode d'extraction utilisée. L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'effet de méthode d'extraction sur la qualité physico-chimique de l'huile d'olive.

1. L'olivier

1.1. Historique

Dans de nombreuses civilisations, l'olivier revêt une importance symbolique majeure, étroitement liée aux concepts de paix, de sagesse, de prospérité et de longévité. Cette valeur symbolique a favorisé son intégration dans diverses coutumes culturelles et religieuses à travers les âges. À titre d'exemple, dans la mythologie grecque, l'olivier était dédié à la déesse Athéna. En outre, l'usage de l'huile d'olive dans les cérémonies religieuses a accentué la dimension spirituelle de cet arbre au sein des communautés méditerranéennes (Morelli et al., 2020).

Les origines de l'oléiculture se situent principalement en Palestine, en Syrie et en Phénicie. C'est toutefois en Crète que cette culture a connu un essor particulier. Sous le règne du roi Minos, les habitants de l'île maîtrisaient déjà les techniques d'extraction, comme en témoignent des tablettes d'argile datant d'environ 2500 av. J.-C. L'huile trouvait alors ses applications dans divers secteurs, notamment l'alimentation et l'éclairage. Par ailleurs, certains experts considèrent les Phéniciens comme les pionniers de cette culture. Des fresques découvertes dans les sépultures royales de l'Égypte antique attestent également de la présence de l'olivier à l'époque des pharaons. Ces vestiges soulignent non seulement la valeur économique de l'arbre, mais aussi sa propagation graduelle dans le bassin méditerranéen, favorisée par le commerce et les flux migratoires (Gilbert et al., 2007).

1.2. Classification botanique

L’olivier (*Olea europaea L.*) appartient à la famille des Oleaceae, qui regroupe plusieurs genres comme Jasminum, Ligustrum, Fraxinus et Phillyrea. Il est classé dans la sous-famille Oleideae et le genre Olea (Green, 2002).

Le genre Olea comprend plusieurs espèces réparties en différents groupes, notamment les sous-genres Olea, Tetrapilus et Paniculatae. L’espèce *Olea europaea* L. est la plus importante sur le plan agricole et économique (Besnard et al., 2009).

1.3. Description morphologique

1.3.1. Système racinaire

Le système racinaire de l'olivier (Olea europaea L.) est fortement influencé par les caractéristiques du sol et les conditions de culture. Il développe généralement un enracinement superficiel, mais peut atteindre des couches plus profondes lorsque les conditions hydriques et nutritives deviennent défavorables. En moyenne, les racines se concentrent entre 40 et 80 cm de profondeur, formant également des structures ligneuses servant de réserve en nutriments et en eau (FAO, 2021 ; Connor et Fernández, 2020).

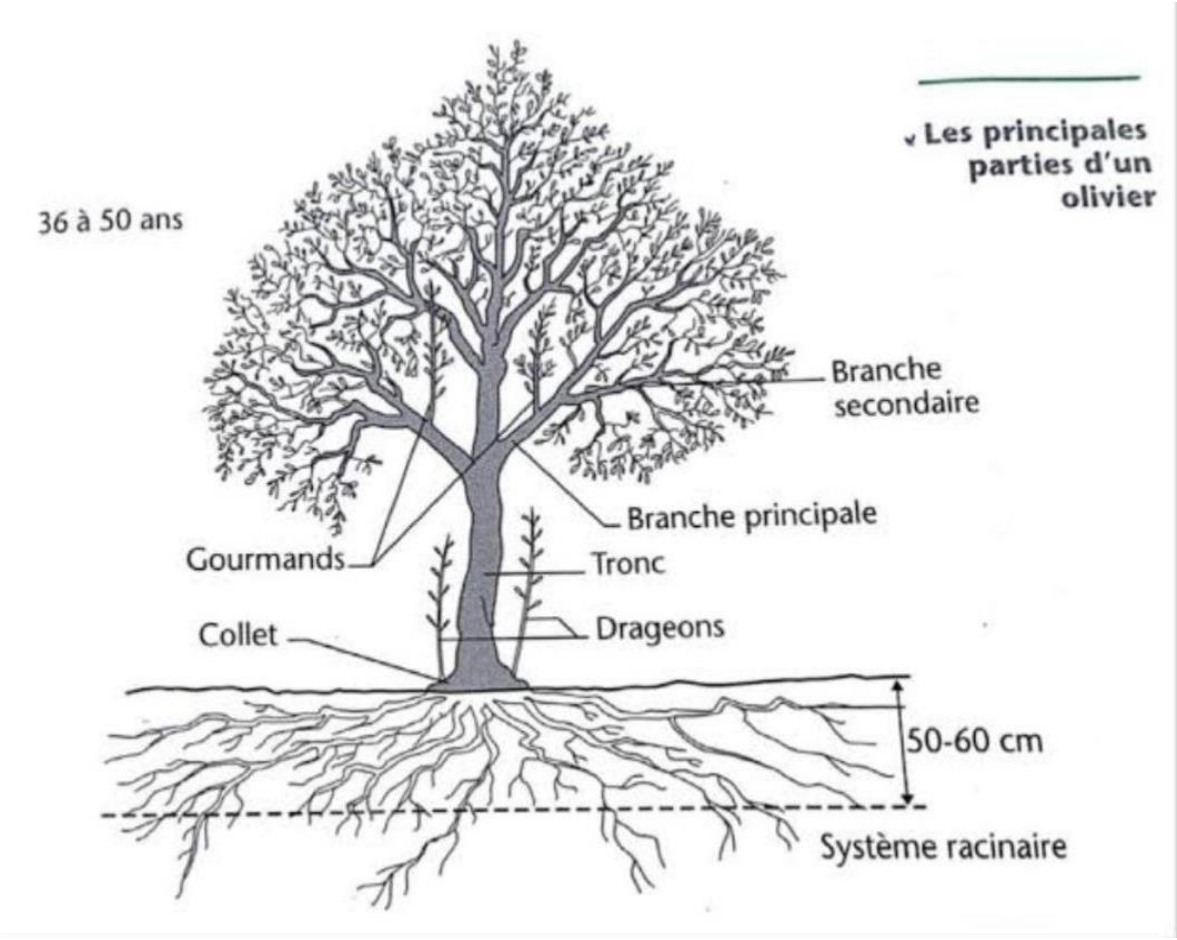


Figure 1: Principales parties d'un olivier (Argenson, 1999).

1.3.2. Tronc et rameaux

Le tronc de l'olivier se caractérise par une croissance lente, une grande longévité et une forte résistance mécanique. Sa couleur évolue du gris clair au brun foncé avec l'âge, et il peut atteindre des dimensions importantes chez les arbres anciens. Il présente une structure compacte, souvent noueuse, portant des branches épaisses et tortueuses caractéristiques de l'espèce.



Figure 2 : Tronc de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

Les rameaux, quant à eux, possèdent chez les jeunes pousses une écorce lisse et une section anguleuse. Avec le vieillissement, ils deviennent progressivement cylindriques, tandis que leur couleur passe du vert grisâtre au gris brun. Le bois formé est dense, dur et compact, avec une teinte variant du jaune fauve au brun marbré, témoignant de la maturité physiologique de la branche (COI, 2022 ; Connor et Fernández, 2020).



Figure 3: Rameaux de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

1.3.3. Feuilles

Les feuilles de l'olivier sont persistantes, opposées, coriaces et de forme lancéolée à elliptique. La face supérieure est vert foncé alors que la face inférieure présente une teinte argentée due à la présence de poils et de cires. Cette structure leur permet une excellente adaptation aux conditions arides et méditerranéennes (Ghanbari et al., 2020).



Figure 4 : Feuille de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

1.3.4. Fleurs

Les fleurs de l'olivier sont petites, de couleur blanc verdâtre et regroupées en inflorescences axillaires en grappes. Elles sont hermaphrodites ou fonctionnellement mâles selon les conditions environnementales. La fleur comprend un calice à quatre sépales, une corolle à quatre pétales et deux étamines principales (Connor et Fernández, 2020).



Figure 5: Fleur de l'olivier (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

1.3.5. Fruit

Le fruit de l'olivier, appelé olive, est une drupe ovale dont la longueur varie généralement entre 1 et 2,5 cm. Sa maturation se déroule d'octobre à décembre, avec une évolution de la couleur du vert au noir violacé selon la variété et le stade de maturité (COI, 2022).

Le fruit est constitué d'une peau externe, d'une pulpe charnue et d'un noyau dur contenant la graine. Selon sa structure botanique, l'olive est composée de trois parties principales :

- L'épicarpe (peau) : couche externe protectrice recouverte d'une cuticule, contenant des composés phénoliques et des huiles essentielles.
- Le mésocarpe (pulpe) : partie charnue riche en eau et en huile (10–30 %), contenant également des sucres, des protéines et des composés phénoliques comme l'oléuropéine.
- L'endocarpe (noyau) : couche interne dure protégeant la graine, riche principalement en cellulose et en sels minéraux (Resetti et al., 2019 ; Baldoni et Belaj, 2010).

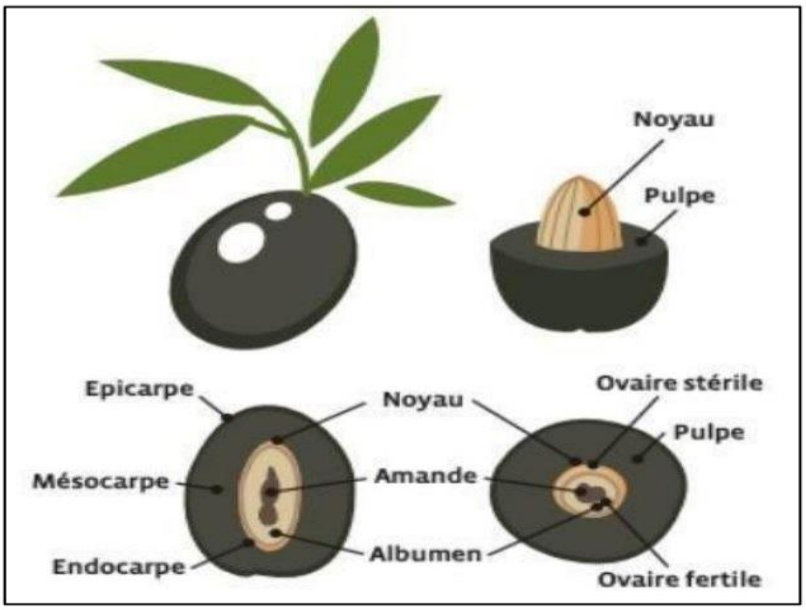


Figure 6 : Coupe transversale et longitudinale de l'olive (AFIDOL, 2019).

La composition chimique de l'olive est dominée par l'eau (75,3 g/100 g) et l'huile (15,32 g/100 g), avec la présence de protéines, glucides, fibres, composés phénoliques et vitamines, notamment la vitamine E et les vitamines du groupe B. Ces constituants confèrent à l'olive une valeur nutritionnelle importante et participent à ses propriétés antioxydantes (Servilli et al., 2012 ; Hussain et al., 2021).

Tableau 1 : Composition chimique de l'olive (Hussain et al., 2021).

Les composants	**Teneures (par 100g)**
Eau	75.3g
Protéines	1.03g
Huile	15.32g
Hydrate de cabone	3.84g
Cellulose	5.8g
Fibre alimentaires	3.3g
Matière inorganique	1.5g
Composés phénoliques	1-3g
Vitamines A	20 ug
Thiamine (B1)	0.021 mg
Riboflavine (B2)	0.007 mg
Niacine (B3)	0.237mg
Vitamine B6	0.031mg
Vitamine (B9)	3g
Choline	14.2mg
Vitamine E	3.81mg
Vitamine K	1.4g

2. Extraction de l'huile d'olive

La production de l'huile d'olive comprend plusieurs étapes plusieurs étapes successives : l'élimination des feuilles, le lavage, le broyage des olives, le malaxage de la pâte puis la séparation de l'huile. L'extraction est réalisée par des procédés mécaniques afin de conserver les propriétés naturelles et organoleptiques de l'huile. Le traitement rapide des olives après la récolte permet de limiter l'oxydation et de maintenir une faible acidité, car chaque étape influence la qualité finale de l'huile (Gimeno et al., 2002). Les principales techniques utilisées sont la pression traditionnelle et la centrifugation à trois phases, qui peuvent modifier la quantité et les caractéristiques des déchets générés (Souilem et al., 2017).

2.1. Récolte

La récolte des olives constitue une étape essentielle dans la chaîne de production de l'huile. Elle doit être entreprise à partir de la mi-novembre, afin d'assurer un rendement maximal en huile et de limiter la chute naturelle des fruits. Généralement, les olives sont récoltées au stade de maturité compris entre le vert jaunâtre et le noir violacé, correspondant à leur maturité optimale.Cependant, la détermination précise de la période de récolte n'est pas toujours aisée, en raison de l'influence de plusieurs facteurs, notamment les conditions climatiques, la disponibilité de la main-d'œuvre agricole ainsi que l'accessibilité des moulins à huile d'olive (Taylor et Brut, 2007).

Les méthodes de récolte varient en fonction de plusieurs paramètres, tels que les pratiques culturales, la taille et la morphologie des arbres ainsi que la nature du terrain du verger. La récolte est le plus souvent réalisée manuellement et/ou à l'aide de secoueurs, tandis que les vergers récents recourent davantage à la mécanisation. Par ailleurs, dans le cas de certaines variétés à grands arbres, des filets sont utilisés pour récupérer les fruits après leur chute naturelle. Il est également indispensable de prendre des précautions afin de limiter les dommages mécaniques pouvant altérer les fruits, et d'éviter toute contamination par les éléments présents au sol (Boskou, 2006).

2.2. Transport et stockage

Les opérations de transport et de stockage des olives constituent des étapes critiques nécessitant une attention particulière, en raison de leur impact direct sur la qualité de l'huile. Il est essentiel d'y maîtriser les dommages mécaniques ainsi que la température. Une mauvaise manipulation au cours de ces phases peut entraîner des réactions enzymatiques indésirables, ainsi que le développement de levures et de moisissures. Le transport des olives est de préférence réalisé dans des caisses en plastique ajourées, permettant une bonne circulation de l'air et limitant l'accumulation de chaleur due à l'activité métabolique des fruits. En cas de stockage temporaire avant transformation, les olives doivent être étalées en couches minces et conservées dans des espaces bien ventilés, frais et secs. Il est également recommandé d'éviter leur stockage dans des sacs en jute, en raison des risques de dégradation de la qualité. Afin de préserver les caractéristiques qualitatives des olives telles qu'elles étaient au moment de la récolte, celles-ci doivent être acheminées dans les plus brefs délais vers les unités d'extraction pour y être transformées sans retard (Gharbi et Hammami, 2019).

2.3. Effeuillage et lavage

Les opérations d'effeuillage et de lavage des olives constituent la première étape du processus d'extraction de l'huile. Elles consistent à éliminer les impuretés accompagnant les fruits, telles que les tiges, les feuilles, les brindilles ainsi que les particules de sol, par des moyens manuels ou mécaniques. Le lavage permet également de supprimer les résidus de pesticides et autres contaminants de surface. Les impuretés légères sont évacuées par des courants d'air, tandis que les particules plus lourdes se déposent dans les bassins de lavage. Le lavage des olives dans des systèmes en circuit fermé représente un point critique de contrôle au niveau des moulins, en raison des risques de contamination microbiologique croisée et des dommages physiques susceptibles d'affecter les fruits. Par ailleurs, un stockage, même de courte durée, avant l'extraction peut altérer les caractéristiques sensorielles de l'huile, en raison des modifications des composés volatils issus des phénols et de l'activité des lipoxygénases (Souilem et al., 2017).

Les opérations d'effeuillage et de lavage revêtent également une importance majeure pour assurer la sécurité des équipements d'extraction fonctionnant à grande vitesse, ainsi que pour préserver la qualité organoleptique de l'huile d'olive. En effet, la présence de feuilles broyées avec les olives peut intensifier la couleur verte de l'huile et lui conférer des notes sensorielles « herbacées » ou « de feuille », pouvant être jugées peu agréables par certains consommateurs (Di Giovacchino et al., 2002).

2.4. Broyage

Le broyage des olives constitue une étape essentielle pour libérer l'huile des cellules des fruits en vue de son extraction. Deux types principaux de broyeurs sont utilisés à cette fin : le moulin à pierre et le broyeur à marteaux. Les olives sont généralement broyées avec leur noyau, et la taille des fragments de noyau indique la finesse de la pâte obtenue. Le moulin à pierre, méthode la plus ancienne, se compose d'une base en pierre et de meules verticales à l'intérieur d'un bassin métallique, souvent équipées de grattoirs et de pales pour répartir les fruits sous les pierres, faire circuler la pâte et l'expulser. Ce système se caractérise par un mouvement lent qui limite le réchauffement de la pâte et réduit l'émulsification, facilitant ainsi l'extraction de l'huile (Rodis et al., 2002).

Cependant, cette méthode présente certaines limites, notamment l'encombrement de la machinerie, la lenteur de fonctionnement, le coût élevé et l'impossibilité de travailler en continu. À l'inverse, le broyeur à marteaux est généralement constitué d'un corps métallique tournant à grande vitesse, projetant les olives contre un tamis métallique pour les écraser. Le principal avantage des broyeurs à marteaux réside dans leur rapidité et leur fonctionnement continu, permettant un rendement élevé, un encombrement réduit et un coût moindre. Toutefois, le broyage rapide augmente l'émulsification entre l'huile et l'eau dans la pâte et élève la température, ce qui confère à l'huile obtenue une saveur plus prononcée du fait de la fragmentation accrue des tissus. La taille du tamis du broyeur à marteaux est ajustée au fur et à mesure de l'avancement de la saison, en fonction de la maturité et de la tendreté des fruits (Vossen, 2007).

Il est essentielles d'éviter la présence de traces métalliques dans la pâte d'olive, car elles affectent négativement la couleur et la saveur de l'huile et réduisent sa stabilité oxydative en jouant un rôle catalytique dans le processus d'oxydation. Pour limiter ce problème, les broyeurs sont généralement fabriqués à partir de matériaux inertes tels que l'acier inoxydable (Uceda et al., 2006).

2.5. Malaxage

Le malaxage constitue une étape essentielle pour préparer la pâte d'olive avant la séparation de l'huile. Il permet d'inverser l'émulsification survenue lors du broyage, en particulier lorsque la pâte a été produite à l'aide d'un broyeur à marteaux. Cette opération améliore la quantité d'huile extraite en favorisant la formation de gouttelettes d'huile plus grosses et en réduisant l'émulsion huile-eau. Le malaxeur est conçu pour assurer un mélange homogène de la pâte, sans laisser de zones non mélangées. La pâte est agitée lentement pendant une durée de 30 à 60 minutes. La température de la pâte au cours du malaxage est un facteur crucial et doit être maintenue entre 26,6 et 30 °C (80–86 °F), une température qui reste fraîche au toucher, afin d'améliorer la viscosité de l'huile et son extractibilité. Des températures supérieures à 30 °C (86 °F) peuvent entraîner la perte des arômes fruités, une augmentation de l'amertume et de l'astringence (Clodoveo et al., 2014).

Les pratiques récentes en matière de gestion de la pâte visent à exclure l'oxygène, soit en recouvrant la surface de la pâte avec de l'azote, soit en utilisant des cuves de malaxage sous vide. La limitation de l'exposition à l'oxygène réduit l'activité enzymatique qui peut dégrader les polyphénols, composés aromatiques majeurs de l'huile d'olive (Vossen, 2007).

Le malaxage influence à la fois le rendement en huile et la teneur en antioxydants. Un malaxage prolongé augmente généralement le rendement en huile, tandis que la teneur en phénols diminue. Pour les pâtes d'olives « difficiles », il est possible d'améliorer le rendement en utilisant des adjuvants technologiques, tels que le talc ou des produits enzymatiques, pendant le malaxage (Di Giovacchino et al., 2002).**2.6. Systèmes d'extraction d'huile d'olive**

2.6.1. Extraction traditionnelle

L'extraction manuelle de l'huile d'olive est une méthode traditionnelle basée sur des techniques anciennes, transmises le plus souvent de génération en génération. Au fil du temps, ces techniques ont évolué et se sont diversifiées, donnant naissance à des méthodes spécifiques développées par les communautés de la région méditerranéenne, qui varient selon le savoir-faire et les moyens disponibles. Dans la région de Skikda (Algérie), certaines méthodes artisanales traditionnelles sont encore préservées et pratiquées aujourd'hui. Chaque méthode commence par la récolte manuelle des olives à l'aide de bâtons pour faire tomber les fruits. Une fois récoltées, les olives sont préalablement nettoyées pour éliminer les feuilles et autres impuretés.

Dans les pratiques locales de Skikda, le broyage est souvent précédé d'une étape de stockage temporaire ou pré-fermentation, où les olives sont conservées dans des sacs ou des récipients pendant une à deux semaines. Cette étape a pour but d'attendrir la pulpe, facilitant ainsi l'extraction de l'huile, tout en améliorant la maturation du fruit. Ce procédé est destiné à produire de petites quantités d'huile pour usage familial, généralement sous la supervision des membres de la famille afin de garantir une utilisation domestique. Après un séchage partiel sur des surfaces pour faciliter le broyage et améliorer l'extraction, les olives sont broyées à l'aide de la pierre de meule traditionnelle (Abray ou Gargaiba) pour obtenir une pâte homogène (Laporte, 2013).

La pâte obtenue est ensuite versée dans un bassin ou une cuve traditionnelle, où elle est malaxée et foulée, avec l'ajout occasionnel d'un peu d'eau chaude pour faciliter la séparation de l'huile. Lorsque l'huile commence à s'écouler, elle est recueillie avec soin et stockée dans des jarres traditionnelles en terre cuite ou en grès pour assurer sa conservation naturelle.



Figure 7 : Production traditionnel de l'huile d'olive dans la région des Ksours, située dans le sud de la Tunisie (Camps-Fabrer, 2016).

2.6.2. Extraction par pression

Le pressage constitue l'une des méthodes les plus anciennes d'extraction de l'huile d'olive. Cette technique consiste à appliquer une pression sur des tapis filtrants empilés, chaque tapis recevant une couche de pâte d'environ 1,25 cm (0,5 pouce) d'épaisseur, séparée par des disques métalliques. Une ouverture centrale creuse permet à l'huile et à l'eau exprimées (jus d'olive) de s'écouler dans les deux sens. Cette méthode requiert plus de travail que les procédés modernes, car elle ne fonctionne pas de manière continue, et les tapis filtrants peuvent facilement se contaminer, entraînant des défauts dus à la fermentation ou à l'oxydation dans l'huile (Vossen, 2007).

Aujourd'hui, l'extraction par pression se réalise généralement à l'aide de super-presse hydrauliques, capables d'atteindre une pression de service allant jusqu'à 400 atm. Ces presses fonctionnent en mode de pression unique, avec une augmentation progressive de la pression jusqu'à la valeur maximale sur 45 à 60 minutes, suivie d'un maintien à haute pression pendant 10 à 20 minutes supplémentaires. Après la pression, une petite quantité d'eau est utilisée pour rincer la matière collée sur les tapis et transférer la pâte huileuse vers la phase de clarification. Le rendement de cette méthode est généralement de 86 à 90 %, tandis que l'humidité des résidus est d'environ 28 %. Cette technique garantit une huile de haute qualité grâce à la courte durée de pressage et aux basses températures, à condition que la qualité des olives et l'état des tapis soient également bons. Le problème des tapis en fibres végétales a été résolu grâce à l'utilisation de tapis en fibres de polypropylène inertes, plus faciles à nettoyer (Boskou, 2006).

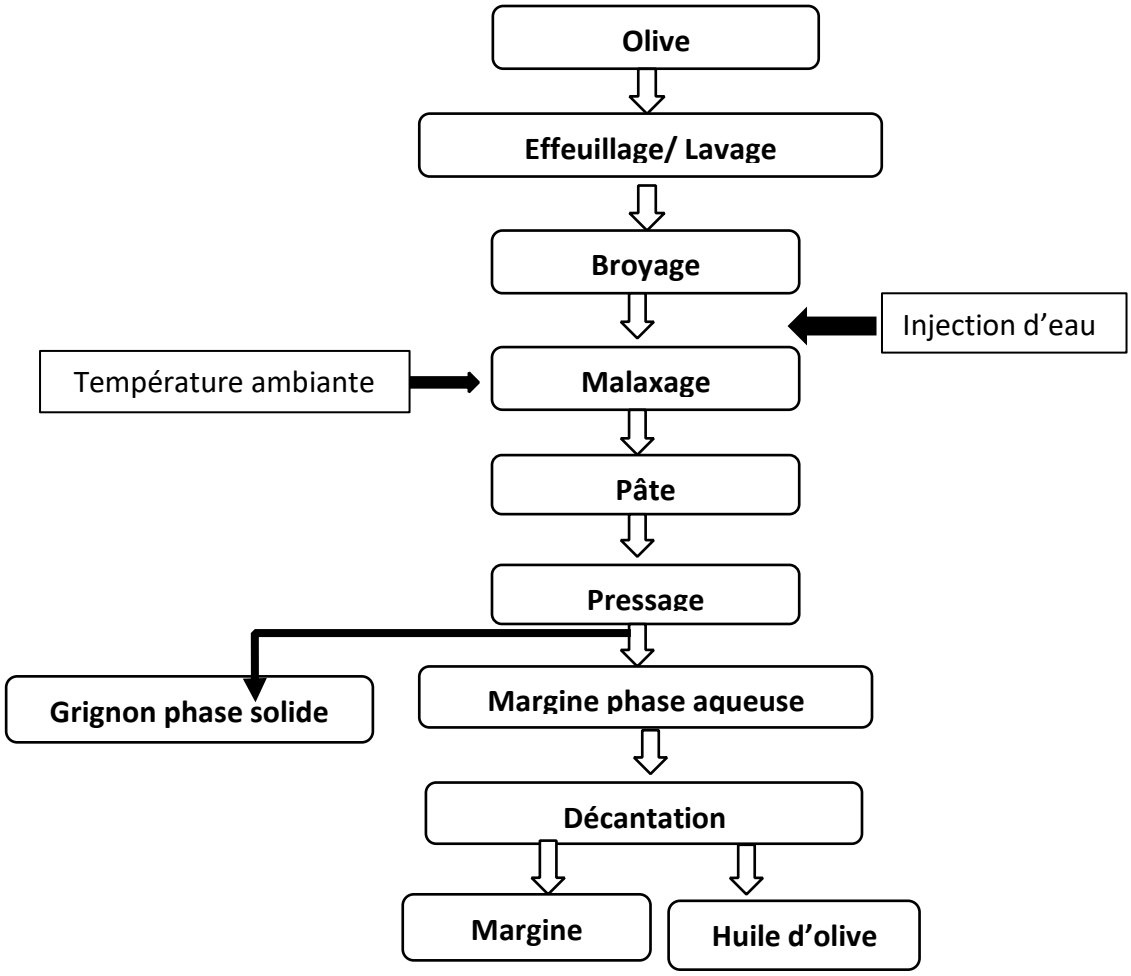


Figure 8 : Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par pression (Tamasi *et al.*,2016).

Parallèlement au pressage classique, il existe la méthode de percolation (ou filtration sélective), qui n'applique aucune pression sur la pâte. Elle repose sur le principe que l'huile seule adhère au métal dans une pâte contenant huile, solides et eau. La machine est équipée de lames en acier inoxydable qui plongent dans la pâte ; l'huile adhérente s'écoule ensuite dans un récipient séparé, tandis que les solides et l'eau restent en arrière. Cette technique produit une huile légère et de qualité particulière. L'équipement est complexe et nécessite un nettoyage et un entretien fréquents, ainsi qu'une source de chaleur constante pour maintenir la pâte à température uniforme. L'extraction s'arrête dès que l'eau issue des fruits apparaît dans l'huile (Vossen, 2007).

2.6.3. Extraction par centrifugation à deux phases et à trois phases

Après les étapes de lavage, de broyage et de malaxage, l'extraction mécanique de l'huile d'olive est principalement réalisée via un processus continu utilisant une centrifugeuse décanteuse. La centrifugeuse est équipée d'un bol rotatif et d'un convoyeur à vis, ce qui permet de traiter de grandes quantités d'olives rapidement et efficacement. Deux types de décanteurs sont actuellement utilisés : la centrifugation à deux phases et la centrifugation à trois phases (Souilem et al., 2017).Le procédé de centrifugation continue à trois phases a été introduit dans les années 1970 afin d'augmenter la capacité de traitement, le rendement d'extraction et de réduire la main-d'œuvre. Au cours de ce procédé, de l'eau chaude est ajoutée pour laver l'huile, produisant ainsi trois phases : la phase huileuse, les résidus solides (la pâte d'olive comprenant la pulpe et les noyaux) et les eaux usées du moulin à olives (EUMO). Les résidus solides sont séparés des phases liquides dans le décanteur, puis les phases liquides subissent une centrifugation verticale pour séparer l'huile des eaux usées (Souilem et al., 2017).

Les principaux inconvénients de ce procédé incluent l'augmentation du volume des eaux usées en raison de l'utilisation plus importante d'eau (1,25 à 1,75 fois plus que l'extraction par pression), la perte de composés précieux tels que les antioxydants naturels dans la phase aqueuse, et les difficultés liées à l'élimination des eaux usées. Pour atténuer ce problème, la phase aqueuse peut être recyclée immédiatement après sa sortie du décanteur afin de diluer la pâte d'olive en l'injectant dans la pompe qui alimente le décanteur. Cette technique permet de réduire le volume des eaux usées d'environ 35 % et d'augmenter la teneur totale en polyphénols de l'huile d'environ 30 %. Cependant, cette pratique affecte négativement la qualité de l'huile produite et est désormais rarement utilisée (Boskou, 2006).

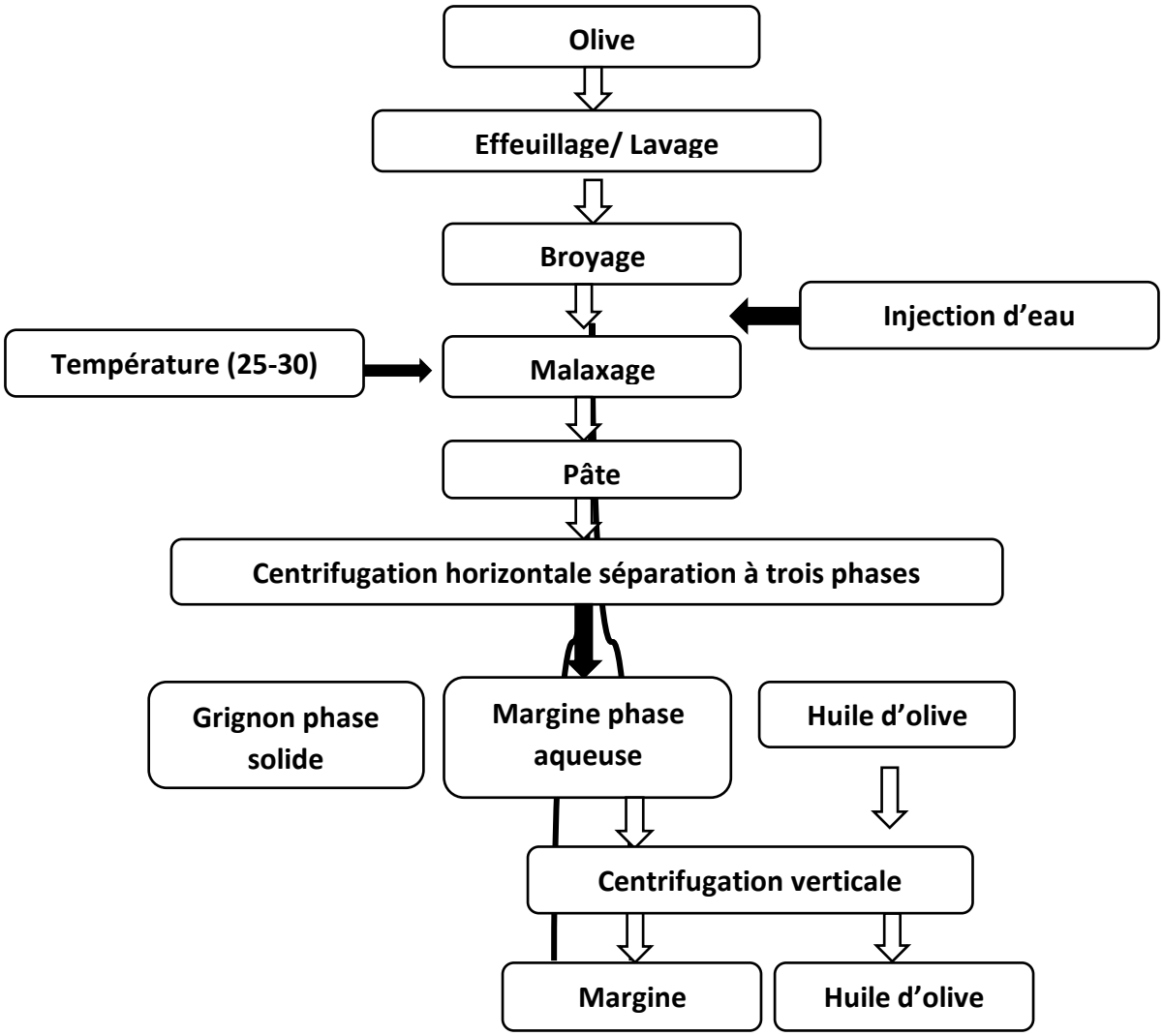


Figure 9: Système triphasé pour l'extraction de l'huile d'olive (Tamasi et al., 2016)

3. Huile d'olive

3.1. Définition

L'huile d'olive est définie comme la matière grasse naturelle extraite des fruits de l'olivier (Olea europaea L) par des procédés mécaniques, généralement à froid, sans recours à des traitements chimiques. Elle se caractérise par des propriétés sensorielles distinctives, se présentant sous forme d'un liquide aromatique dont la couleur varie du vert jaunâtre au translucide. Sa culture et sa production sont principalement concentrées dans les pays du bassin méditerranéen, notamment l'Espagne, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc, la Grèce, l'Italie et la Turquie, où la production mondiale annuelle est estimée entre 2,6 et 3 millions de tonnes, en raison d'une tradition oléicole millénaire dans cette région (Niaounakis et Halvadakis, 2006).

La consommation de l'huile d'olive a connu une expansion croissante à l'échelle mondiale, en raison de ses nombreux bienfaits pour la santé ainsi que de ses qualités sensorielles très appréciées par les consommateurs. La qualité de cette huile, tant sur le plan sensoriel que chimique, dépend de plusieurs facteurs, notamment la variété des olives, les conditions climatiques et culturales, le degré de maturité des fruits, la méthode d'extraction, les procédés de raffinage (le cas échéant), ainsi que les conditions de stockage. Ces paramètres influencent directement sa valeur économique (Silva et Schmiele, 2021).

Selon la définition de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'huile d'olive est l'huile obtenue exclusivement à partir du fruit de l'olivier (Olea europaea L), à l'exclusion de celles obtenues par solvants ou par des procédés de réestérification, ainsi que de tout mélange avec d'autres huiles de nature différente (FAO, 2013).

3.2. Classification de l'huile d'olive

Selon les normes établies par le Conseil Oléicole International (COI, 2019), les huiles d'olive sont classées sur la base de critères stricts, à la fois chimiques et sensoriels.

- **Huile d'olive vierge extra :** L'huile d'olive vierge extra est caractérisée par une acidité libre, exprimée en acide oléique, inférieure ou égale à 0,8 g pour 100 g d'huile.
- **Huile d'olive vierge :**Il s'agit d'une huile dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, est inférieure ou égale à 2,0 g pour 100 g d'huile.

- **Huile d'olive vierge courante :** Cette catégorie regroupe les huiles d'olive vierges présentant une acidité libre, exprimée en acide oléique, inférieure ou égale à 3,3 g pour 100 g d'huile.
- **Huile d'olive lampante :** L'huile d'olive lampante est une huile vierge dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, est supérieure à 3,3 g pour 100 g d'huile. Elle n'est pas propre à la consommation en l'état.
- **Huile d'olive raffinée :** L'huile d'olive raffinée est obtenue à partir d'huiles d'olive vierges par des procédés de raffinage n'altérant pas la structure glycéridique initiale. Son acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépasse pas 0,30 g pour 100 g d'huile.
- **Huile de grignons d'olive :** Cette huile est issue du mélange d'huile de grignons d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges aptes à la consommation. Son acidité libre, exprimée en acide oléique, est inférieure ou égale à 1 g pour 100 g. Ce mélange ne peut en aucun cas être commercialisé sous la dénomination « huile d'olive » (COI, 2019).

3.3. Composition de l'huile d'olive

L'huile d'olive est principalement composée de triacylglycérides, représentant environ 99 % de sa composition, ainsi que d'acides gras libres secondaires et de mono- et diacylglycérides. Elle contient également une diversité d'autres lipides tels que les hydrocarbures, les stérols, les alcools aliphatiques, les tocophérols et les pigments, en plus d'une abondance de composés phénoliques et volatils qui contribuent aux caractéristiques sensorielles et chimiques uniques de l'huile (Gharbi et Hammami, 2019).

3.3.1. Fraction saponifiable

a. Acides gras

Les acides gras constituent une composante essentielle de l'huile et sont des acides carboxyliques, souvent caractérisés par de longues chaînes aliphatiques non ramifiées. Ils peuvent être classés selon leur structure chimique en acides gras saturés (AGS), monoinsaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI), en fonction de l'absence ou de la présence de doubles liaisons dans leurs chaînes carbonées. Les principaux acides gras présents dans l'huile d'olive sont l'acide palmitique, palmitoléique, stéarique, oléique, linoléique et linolénique (Lopez *et al.,* 2014).

b.Triglycérides

Les triglycérides sont des composés formés par des esters de glycérol liés à différents acides gras et représentent la majeure partie de la composition de l'huile d'olive, atteignant jusqu'à 99 % (Jiménez et al., 2022).La répartition des acides gras sur la molécule de glycérol détermine la proportion des différentes glycérides présentes dans l'huile. Cette répartition se caractérise par une concentration élevée en acide oléique (>80 %) et de faibles concentrations en acide palmitique (≤2 %) et en acide stéarique sur le même glycérol (Spyros *et al.,* 2004 ; Lagace et Ridgway, 2013).De plus, les conditions et la durée de stockage de l'huile influencent la distribution des acides gras sur la molécule de glycérol, ce qui peut modifier les propriétés chimiques et sensorielles de l'huile au fil du temps.

3.3.2. Fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable de l'huile d'olive représente environ 1 à 2 % de sa composition. Ces composants secondaires sont responsables des caractéristiques sensorielles de l'huile et contribuent à sa stabilité oxydative (Frankel *et al.,* 2013).

a. Tocophérols (vitamine E)

L'huile d'olive contient trois formes de tocophérols, à savoir α, β et γ, l'α-tocophérol représentant la majeure partie des tocophérols (>95 %). Ces composés sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes et leur apport en vitamine E (Lozano *et al.,* 2022). La teneur et la composition en tocophérols dépendent fortement de plusieurs facteurs agronomiques, notamment le type de cultivar, le stade de maturation des fruits et les conditions climatiques (Beltrán et al., 2010).

b. Hydrocarbures

Deux hydrocarbures principaux sont présents dans l'huile d'olive : le squalène et le β-carotène. Le squalène constitue le composant majeur de la fraction insaponifiable, représentant plus de 90 % de la fraction hydrocarbonée (Gharbi et Hammami, 2019). La présence de squalène est partiellement responsable des effets bénéfiques sur la santé humaine et de son rôle préventif contre certains types de cancer (Owen *et al.,* 2000).

c.Pigments

L'huile d'olive contient deux principales classes de pigments naturels : les chlorophylles et les caroténoïdes (Gunstone, 2002). Ces pigments jouent un rôle essentiel dans la détermination de la couleur de l'huile, qui peut varier du vert au jaune doré (Salvador et al., 2001).La teneur en pigments de l'huile d'olive est influencée par plusieurs facteurs, notamment la saison de récolte des olives (Beltran et al., 2005), le type de cultivar, les conditions climatiques, le degré de maturité des fruits et le procédé d'extraction utilisé (Psomiadou et Tsimidou, 2001).

d.Composés phénoliques et stérols

Les composés phénoliques jouent un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques. Ce sont des molécules bioactives caractérisées par un groupe hydroxyle (OH) attaché à un cycle aromatique (Jiménez-Sánchez et al., 2022). L'huile d'olive contient environ 30 molécules phénoliques appartenant à différentes classes chimiques (Seidita et al., 2022). L'oléuropéine (Oleuropein) est le principal composé phénolique, conférant à l'huile des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. La teneur et la concentration de ces composés varient toutefois selon le type d'huile d'olive (Omar et al., 2010).Quant aux stérols, également appelés phytostérols, ce sont des composés lipidiques d'origine végétale (stéroïdes) qui constituent la majeure partie de la fraction insaponifiable des lipides végétaux (Alvarez-Sala et al., 2018). Ces composés jouent un rôle important dans le domaine pharmaceutique, notamment dans la production de stéroïdes thérapeutiques, dans la nutrition en tant qu'additifs hypocholestérolémiants, ainsi que dans les cosmétiques et les produits de soins de la peau (Patterson, 2008).

e. Composés volatiles et aromatiques

Les composés organiques volatils (COV) sont fortement liés à l'arôme caractéristique de l'huile d'olive, tel qu'il est perçu lors de la dégustation (Salas et al., 2013). Ces composés se forment au début du malaxage, lors de la rupture de la structure cellulaire, à la suite de réactions enzymatiques en présence d'oxygène. Les principaux constituants comprennent les aldéhydes en C6, les alcools en C6 et leurs esters correspondants, ainsi que des quantités plus faibles de composés carbonylés en C5, représentant 60 % à 80 % des COV. Plus précisément, l'hexan-1-ol, l'hexanal, l'E-2-hexénal et le 3-méthylbutan-1-ol dominent généralement le profil des COV dans l'huile (Fratianni et al., 2019).

f. Phospholipides

Les phospholipides présents dans l'huile d'olive comprennent principalement les phosphatidylcholines, les phosphatidyléthanolamines et les phosphatidylinositols (Alves et al., 2018). Des études ont montré que ces composés possèdent des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires, notamment en réduisant la formation de radicaux libres et en régulant les cytokines inflammatoires (Vlahov et al., 2015). De plus, les phospholipides peuvent influencer la stabilité de l'huile, en améliorant sa résistance à l'oxydation et en prolongeant ainsi sa durée de conservation (Cardeno et al., 2013).

3.4. Propriétés physico-chimique

Les propriétés physico-chimiques de l'huile d'olive représentent des paramètres essentiels permettant d'évaluer sa qualité, sa stabilité et son authenticité. Parmi ces paramètres, l'acidité libre constitue un indicateur important de la qualité de l'huile, car elle reflète le degré d'hydrolyse des triglycérides et la formation d'acides gras libres. Elle peut être influencée par plusieurs facteurs tels que la variété d'olive, les conditions de récolte, la conservation des fruits ainsi que le procédé d'extraction (Flores et al., 2021 ; Boskou, 2021). L'indice de peroxyde est également un paramètre essentiel permettant d'évaluer le niveau d'oxydation primaire de l'huile d'olive. Il mesure la formation des composés peroxydés résultant de l'oxydation des acides gras insaturés, lesquels peuvent évoluer vers des composés secondaires responsables du rancissement et de la détérioration des propriétés sensorielles de l'huile (Zhang et al., 2021).

La densité représente une caractéristique physique importante de l'huile d'olive, correspondant au rapport entre sa masse et son volume. Elle dépend principalement de la composition chimique de l'huile, notamment de la nature des acides gras présents, ainsi que de la température (Boskou, 2021). Enfin, la couleur de l'huile d'olive est principalement liée à la présence de pigments naturels tels que les chlorophylles et les caroténoïdes, dont la teneur varie selon la variété d'olive, le stade de maturité des fruits et les conditions d'extraction. Ces pigments contribuent aux caractéristiques visuelles de l'huile et influencent la perception de sa qualité par les consommateurs (Cecchi et al., 2021).

3.5. Facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive

La qualité de l'huile d'olive dépend de plusieurs facteurs qui interviennent tout au long du cycle de production, depuis le développement du fruit jusqu'aux étapes d'extraction et de conservation. Parmi ces facteurs, le climat joue un rôle essentiel en influençant la croissance de l'olivier, la composition chimique du fruit et l'accumulation des composés bioactifs. Les variations de température et la disponibilité en eau peuvent modifier la teneur en composés phénoliques ainsi que la composition en acides gras de l'huile (Romero et Motilva, 2010). Les caractéristiques du sol et la localisation géographique influencent également la qualité de l'huile, car la texture, le pH et la richesse minérale du sol peuvent affecter le développement de l'arbre et les propriétés physico-chimiques et sensorielles de l'huile obtenue (Demnati, 2008). dsfghjklm

Le cultivar représente un autre facteur déterminant, car il influence les caractéristiques du fruit, la teneur en huile, la composition en acides gras, les composés phénoliques et le profil aromatique de l'huile, ce qui explique les différences observées entre les variétés (Aparicio et Luna, 2002). Le stade de maturité des olives au moment de la récolte joue également un rôle important, car l'évolution de la maturation entraîne des changements dans la quantité d'huile produite ainsi que dans la teneur en composés responsables de la stabilité et des caractéristiques sensorielles. Une récolte précoce favorise généralement des huiles plus riches en composés antioxydants, tandis qu'une récolte tardive peut diminuer certains paramètres qualitatifs (Malheiro et al., 2015). Enfin, les conditions de récolte, de stockage des olives après la cueillette et les paramètres du procédé d'extraction influencent fortement la qualité finale de l'huile, en affectant son acidité, son indice de peroxyde et ses propriétés organoleptiques (M. Douzane et al., 2023).

3.6. Bienfaits de l'huile d'olive

L'huile d'olive constitue un élément essentiel du régime méditerranéen, étant la principale source de lipides d'origine végétale, notamment d'acides gras mono-insaturés (Covas, 2007). Elle se distingue également par sa richesse en composés phénoliques, ce qui lui confère des propriétés nutritionnelles et bénéfiques importantes pour la santé (Ghanbari et al., 2012).

L'huile d'olive renferme divers composés antioxydants impliqués dans la prévention de plusieurs pathologies, notamment les maladies cardiovasculaires, certains cancers tels que ceux du sein, des ovaires, de l'estomac et du côlon, ainsi que les maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer et de Parkinson (Servili et al., 2004). Par ailleurs, la vitamine E, les caroténoïdes et les composés phénoliques jouent un rôle protecteur contre ces maladies et contribuent au ralentissement du vieillissement cellulaire (Huang et al., 2008).

La lutéine et la zéaxanthine possèdent des propriétés antioxydantes contribuant à la prévention des maladies dégénératives et à la réduction du risque de cataracte (Beltran et al., 2005).Les composés aromatiques présents dans l'huile d'olive lui confèrent également des propriétés antimicrobiennes (Sekour, 2012).Enfin, certaines études ont démontré que la consommation d'huile d'olive contribue à la régulation et à l'amélioration de la pression artérielle (Perona et al., 2004).

1. Origine des échantillons

Au total, neuf échantillons d'huile d'olive ont été collectés à partir de différentes localités de la wilaya de Skikda, représentant trois procédés d'extraction : la pression, la centrifugation à trois phases et le procédé traditionnel. Chaque procédé est représenté par trois échantillons provenant de zones de production distinctes. Le volume prélevé pour chaque échantillon était de 500 ml, garantissant une quantité suffisante pour la réalisation des différentes analyses physicochimiques. Cette diversité d'origine et de procédés d'extraction a permis d'évaluer l'influence du mode d'extraction sur la qualité de l'huile d'olive (Tableau 2). La collecte des échantillons a été réalisée au cours de la campagne oléicole, qui s'est déroulée du 23 décembre 2025 au 21 février 2026.

Tableau 2 : Origine et procédé d'extraction des échantillons d'huile d'olive.

Echantillons	Origine des olives	Procédé d'extraction
P1	Rasselma (Azzaba)	Pression
P2	Ain Elhamma (El Redir)	Pression
P3	Zaouia (Azzaba)	Pression
C1	Bouhalbes (Beni Ouelnane)	Centrifugation à trois phases
C2	Beni Ouelbane	Centrifugation à trois phases
C3	Oued Elqasab (Salah Bouchaour)	Centrifugation à trois phases
T1	Ain Tabiya (Tamlous)	Traditionnel
T2	Oum Gtita (Sidi Mezguiche)	Traditionnel
T3	Ouled Habbaba (El Harrouch)	Traditionnel

2 .Procédés d'extraction

2.1. Extraction par pression

L'extraction par pression a été réalisée au niveau d'une unité d'extraction située à El Ghdir, dans la wilaya de Skikda. Dans un premier temps, les olives ont été lavées à l'eau potable afin d'éliminer les feuilles, la poussière et les autres impuretés. Elles ont ensuite été broyées pour obtenir une pâte homogène favorisant la libération des gouttelettes d'huile.

Par la suite, la pâte d'olive a été soumise à un malaxage, étape essentielle permettant de favoriser le regroupement des gouttelettes d'huile et d'améliorer le rendement de l'extraction. La pâte obtenue a ensuite été répartie dans des scourtins, puis soumise à une pression mécanique afin d'extraire un mélange constitué d'huile, d'eau végétale et de particules solides.

Le mélange extrait a ensuite été transféré vers des bassins de décantation, où la séparation naturelle de l'huile, de l'eau végétale et des impuretés s'est effectuée sous l'effet de la différence de densité. Enfin, l'huile récupérée a été soumise à une centrifugation verticale afin d'éliminer les dernières traces d'eau ainsi que les particules solides résiduelles, permettant ainsi d'obtenir une huile plus pure.



Figure 10 : Système d'extraction de l'huile d'olive par pression.

2.2. Extraction par centrifugation à trois phases

L'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à trois phases a été réalisée au niveau du moulin « Sidi Mezghiche », situé dans la wilaya de Skikda.Après la récolte, les olives sont lavées afin d'éliminer les impuretés, puis broyées pour obtenir une pâte homogène. Cette pâte est ensuite malaxée, avec l'ajout d'une quantité contrôlée d'eau, afin de favoriser la coalescence des gouttelettes d'huile et de faciliter leur séparation.

La pâte malaxée est introduite dans un décanteur centrifuge horizontal, où la force centrifuge permet de séparer les trois phases : l'huile, les margines (eaux de végétation mélangées à l'eau ajoutée) et les grignons. L'huile obtenue est ensuite soumise à une centrifugation verticale afin d'éliminer les dernières traces d'eau et les particules solides résiduelles.

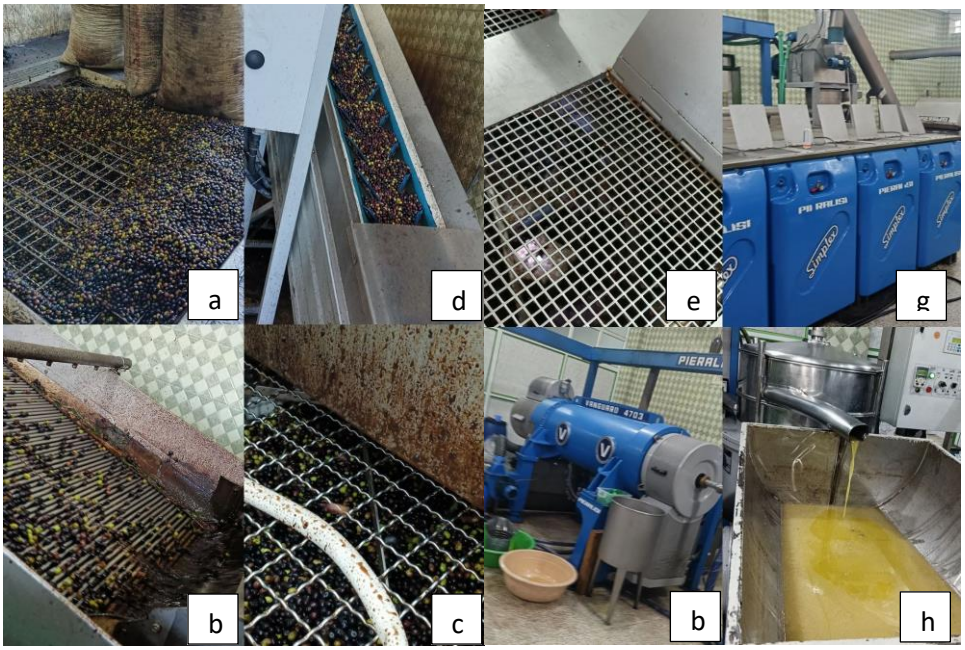


Figure 11 : Système continu d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à trois phase. (a) réception des olives ; (b) convoyage ; (c) lavage ; (d) alimentation ; (e) broyage ; (f) malaxage ; (g) décantation centrifuge ; (h) récupération de l'huile d'olive.

2.3. Extraction par procédé traditionnel

Les échantillons d'huile d'olive extraites par procédé traditionnel ont été obtenus à partir de trois régions : Ain Tabiya (Tamlous), Oum Gtita (Sidi Mezguiche) et Ouled Habbaba (El Harrouch). Dans ce procédé**,** les olives sont soigneusement nettoyées afin d'éliminer les impuretés, puis broyées pour obtenir une pâte homogène. Celle-ci est ensuite malaxée manuellement afin de favoriser la coalescence des gouttelettes d'huile. La pâte est placée dans des récipients appropriés, où l'huile se sépare progressivement de la phase aqueuse et des particules solides par décantation naturelle. L'huile est ensuite récupérée manuellement.

Les échantillons d'huile d'olive ont été conditionnés dans des flacons hermétiquement fermés, puis conservés au congélateur, à l'abri de l'air et de la lumière, jusqu'à la réalisation des analyses physicochimiques.

3 .Analyses physico-chimiques

3.1. Acidité libre

Les acides gras libres sont des acides gras non liés aux molécules de glycérol, résultant principalement de l'hydrolyse des triglycérides. Leur teneur constitue un indicateur important de la qualité des huiles d'olive et est généralement exprimée en pourcentage d'acide oléique (COI, 2015).La méthode repose sur la dissolution d'une prise d'essai dans un mélange approprié de solvants, suivie du dosage des acides gras libres par titrage avec une solution alcaline standardisée en présence d'un indicateur approprié (COI, 2015).

Après détermination du volume de solution KOH consommé lors du titrage, l'acidité libre de chaque échantillon a été calculée selon la formule du Conseil Oléicole International (COI) et exprimée en pourcentage d'acide oléique.

$$\textbf{Acidité (\% d'acide oléique)} = \frac{V \times c \times M}{10 \times m}$$ où:

V : volume de la solution de KOH consommée (mL) ;
c : concentration exacte de la solution de KOH (mol/L) ;
M : masse molaire de l'acide oléique (282 g/mol) .
m : masse de la prise d'essai .

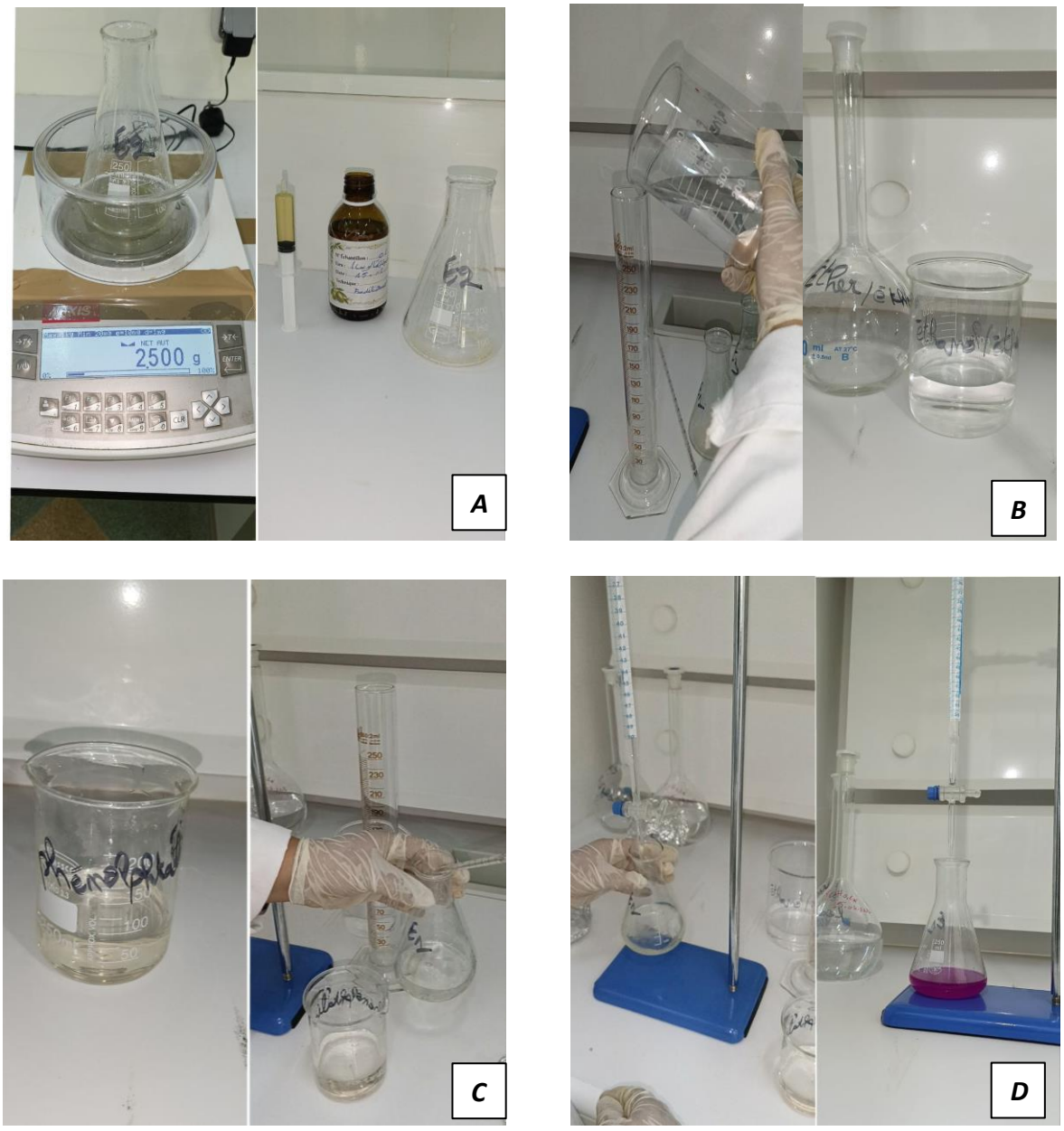


Figure 12 : Étapes de détermination de l'acidité libre des échantillons l'huile d'olive.

A : Pesée de la prise d'essai ; **B :** Préparation du mélange (éther diéthylique–éthanol) ; **C :** Ajout de la phénolphtaléine ; **D :** Titrage par la solution de KOH.

3.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde représente la quantité des produits d'oxydation primaire présents dans l'huile. Il est exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'huile (meq O_2/kg) et constitue un indicateur du degré d'oxydation des lipides (COI, 2017).La méthode consiste à faire réagir les peroxydes contenus dans l'échantillon avec l'iodure de potassium en milieu acide. L'iode libéré est ensuite titré à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium, permettant ainsi de déterminer l'indice de peroxyde de l'huile (COI, 2017).

L'indice de peroxyde (IP), exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'huile (meq O_2/kg), est calculé selon la formule suivante :

$$IP = \frac{V \times T \times 1000}{m} \quad \text{où :}$$

V : volume (mL) de la solution étalonnée de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai, corrigé par l'essai à blanc ;

T : molarité exacte de la solution de thiosulfate de sodium (mol/l) ;

m : masse de la prise d'essai (g).

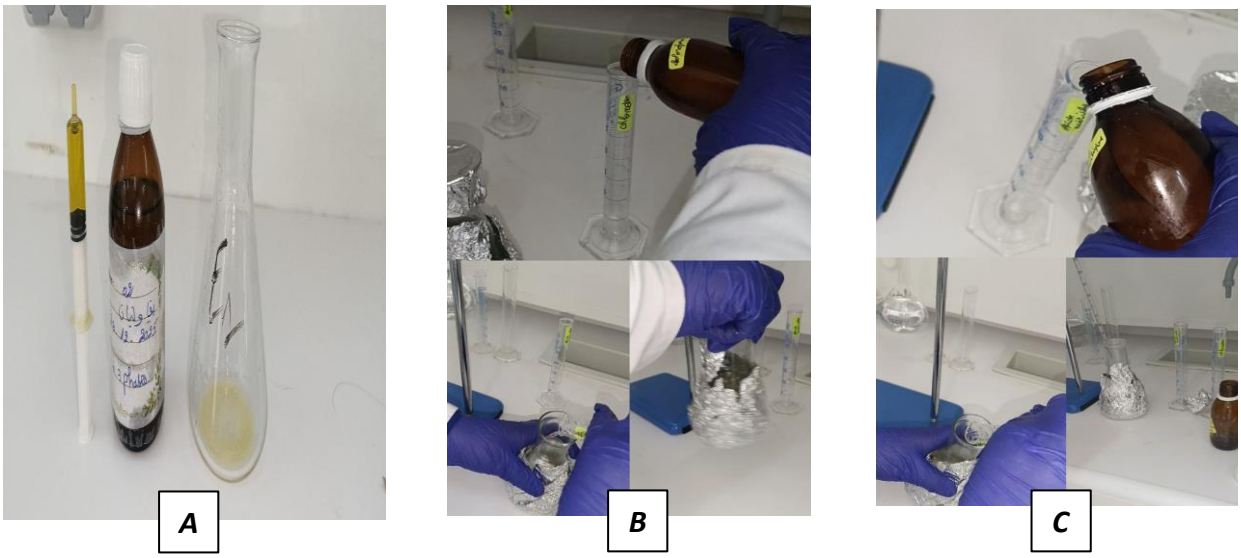


Figure 13 : Étapes expérimentales de la détermination de l'indice de peroxyde de l'huile. d'olive. **A :** Pesée de 2 g d'huile d'olive. ; **B :** Ajout de 10 ml de chloroforme ; **C :** Ajout de l'acide acétique et de la solution d'iodure de potassium, suivi d'une incubation à l'abri de la lumière. **; D :** Titrage de l'iode libéré à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium; **E :** Évolution de la coloration du milieu réactionnel avant et après le titrage.

3.3. Indice de saponification

L'indice de saponification correspond à la quantité d'hydroxyde de potassium (KOH), exprimée en milligrammes, nécessaire pour saponifier complètement un gramme de matière grasse. Il constitue un indicateur de la masse moléculaire moyenne des acides gras présents dans l'échantillon (ISO 3657:2020).

L'échantillon est soumis à une saponification par chauffage à reflux en présence d'un excès de solution alcoolique d'hydroxyde de potassium. Après la réaction, la quantité de KOH restante non consommée est déterminée par titrage avec une solution étalonnée d'acide chlorhydrique. La différence entre la quantité initiale et la quantité résiduelle de KOH permet de calculer l'indice de saponification (ISO 3657:2020).

L'indice de saponification (IS), exprimé en milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaires pour saponifier un gramme d'huile, est calculé selon la formule suivante :

$$IS = \frac{(V_0 - V)\ C\ 56.1}{m}$$ Où :

V_0 : volume de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour l'essai à blanc (ml) ;
V : volume de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour l'échantillon (ml) ;
C : concentration de la solution d'acide chlorhydrique (mol/l) ;
56,1 : masse molaire du KOH (mg/mmol) ;
m : masse de la prise d'essai (g).

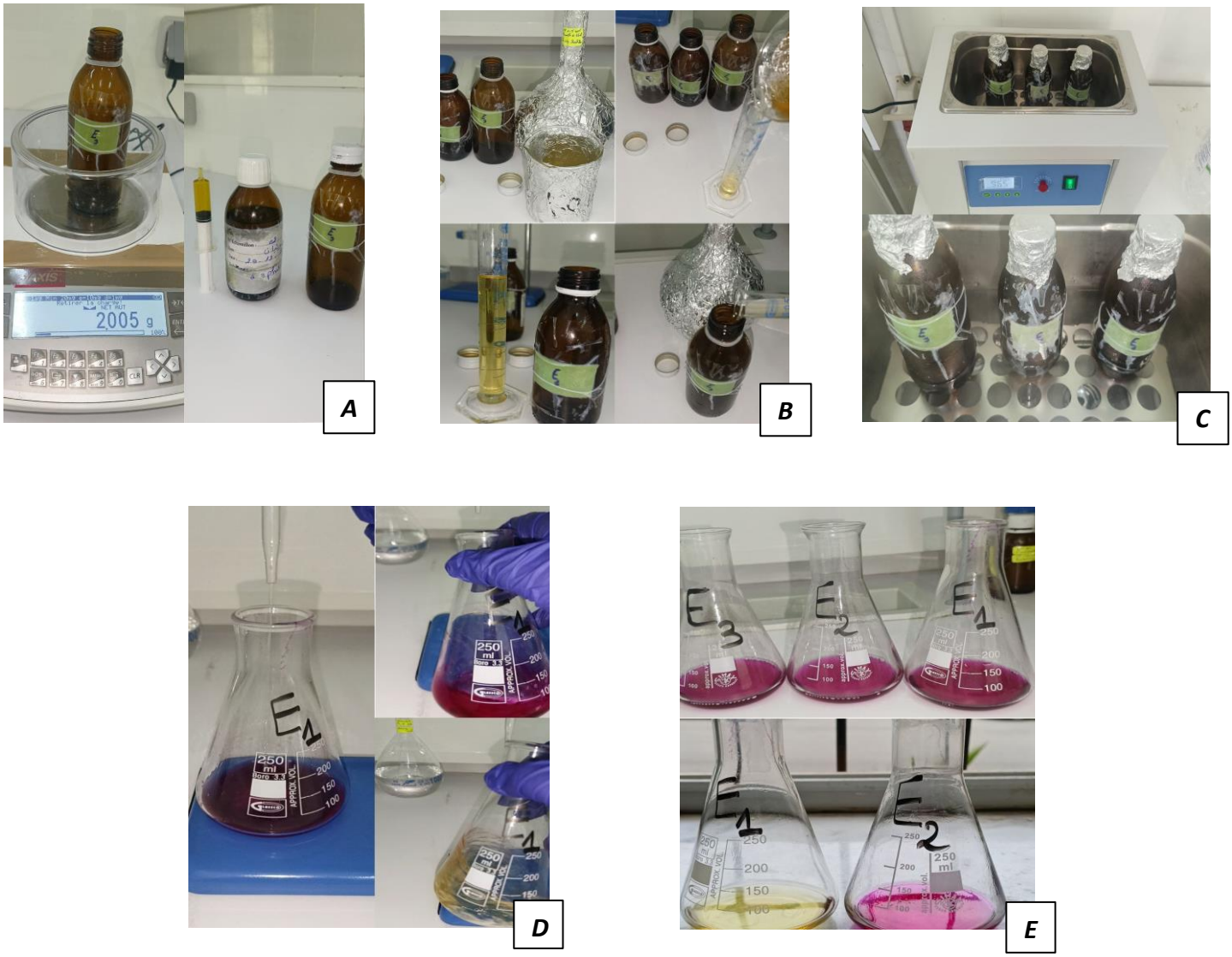


Figure 14 : Étapes expérimentales de la détermination de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive. **A :** Pesée de l'échantillon. ; **B :** Ajout de la solution de KOH ; **C :** Chauffage au bain-marie. ; **D :** Titrage de l'excès de KOH ; **E :** Disparition de la coloration rose au point d'équivalence.

1. Résultats d'analyses physico-chimiques

L'ANOVA (Analysis of Variance) est utilisée pour déterminer s'il existe des différences significatives entre plusieurs groupes de moyennes. Les résultats de cette analyse ont montré des différences significatives entre les neuf échantillons d'huiles d'olive pour les trois paramètres physico-chimiques étudiés : l'acidité libre, l'indice de peroxyde et l'indice de saponification. Les valeurs de P-value obtenues indiquent que les différences observées entre les moyennes sont statistiquement significatives.

1.1. Acidité libre

L'acidité libre constitue l'un des principaux critères de qualité des huiles d'olive. Elle traduit le degré d'hydrolyse des triglycérides conduisant à la formation d'acides gras libres sous l'action de facteurs enzymatiques ou chimiques. Selon le Conseil Oléicole International (COI, 2015), une faible acidité est le signe d'une huile obtenue à partir d'olives saines et transformées dans de bonnes conditions.

Les résultats obtenus montrent que les huiles extraites par pression présentent des valeurs d'acidité libre comprises entre 1,38 % et 3,26 %, avec une différence hautement significative ($Pr > F < 0,0001$). Globalement, ce procédé est caractérisé par une séparation relativement lente de l'huile, prolongeant son contact avec la phase aqueuse et favorisant les réactions d'hydrolyse des triglycérides. Le maintien de l'huile au contact des margines durant la décantation peut également contribuer à l'augmentation de la teneur en acides gras libres (Torres et Maestri, 2006). Toutefois, la valeur plus élevée enregistrée pour P3 montre que, malgré l'utilisation du même procédé d'extraction, la qualité de la matière première et les conditions de manipulation des olives avant l'extraction peuvent également influencer l'acidité de l'huile (Chimi, 2006).

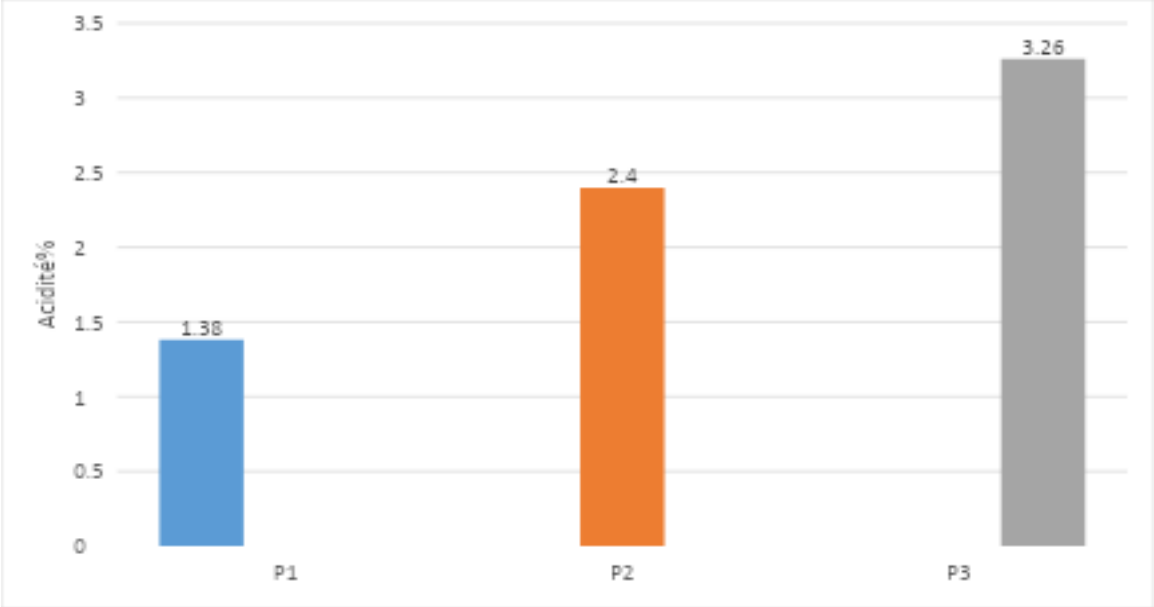


Figure 15 : Acidité des échantillons d'huiles d'olive extraites par pression.

Les huiles obtenues par centrifugation présentent des valeurs comprises entre 1,19 % et 5,52 %, avec des différences hautement significatives (Pr > F < 0,0001). Ce procédé assure généralement une séparation rapide de l'huile, limitant ainsi son contact avec la phase aqueuse et réduisant les risques d'hydrolyse. Toutefois, les différences observées entre les échantillons indiquent que le procédé d'extraction n'est pas le seul facteur influençant l'acidité libre. La qualité de la matière première, le degré de maturité des olives ainsi que les conditions de stockage avant l'extraction jouent également un rôle important en favorisant l'activité des lipases et la libération des acides gras libres (Abaza et al., 2002 ; Chimi, 2006).

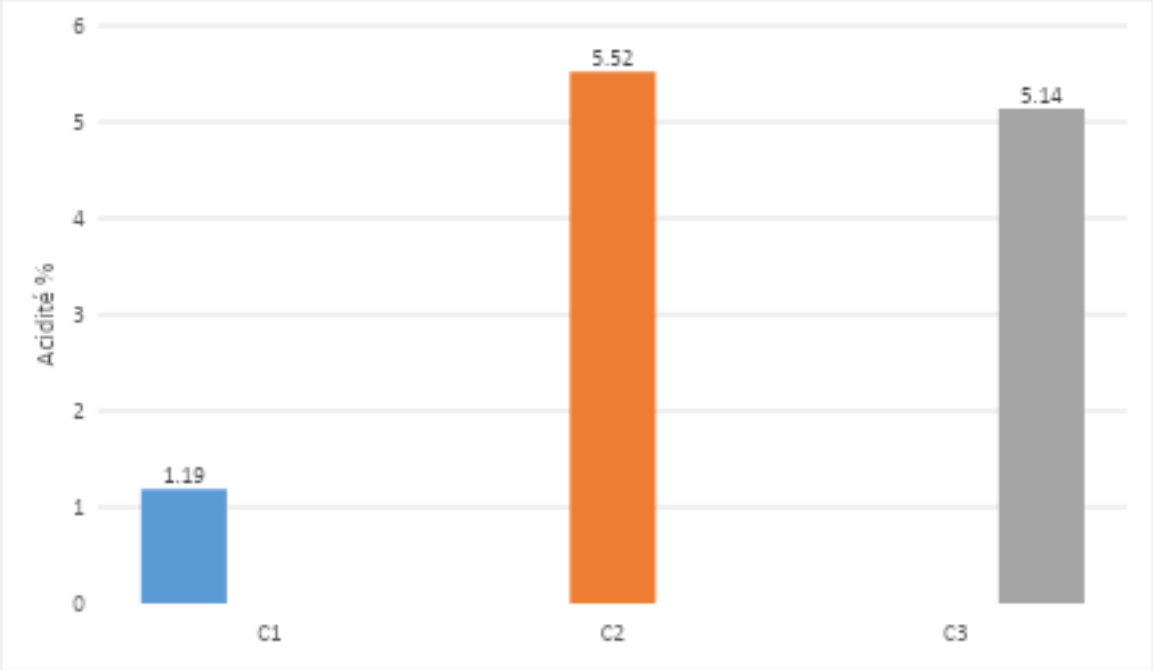


Figure 16: Acidité des échantillons d'huiles d'olive extraites centrifugation à trois phases.

Les huiles extraites par procédé traditionnel présentent les valeurs les plus variables, comprises entre 0,63 % et 11,65 %, avec une différence hautement significative (Pr > F < 0,0001). Les conditions artisanales d'extraction, caractérisées par un contrôle limité des différentes étapes du procédé, une séparation plus lente de l'huile et une exposition prolongée de la pâte d'olive à l'air, favorisent les réactions d'hydrolyse et contribuent à l'augmentation de l'acidité. Toutefois, la faible acidité enregistrée pour T3 montre qu'une matière première de bonne qualité et une transformation rapide après la récolte permettent de préserver la qualité de l'huile, même dans un procédé traditionnel. À l'inverse, les valeurs élevées observées pour T1 et T2 traduisent une dégradation plus importante des triglycérides (Torres et Maestri, 2006 ; Chimi, 2006).

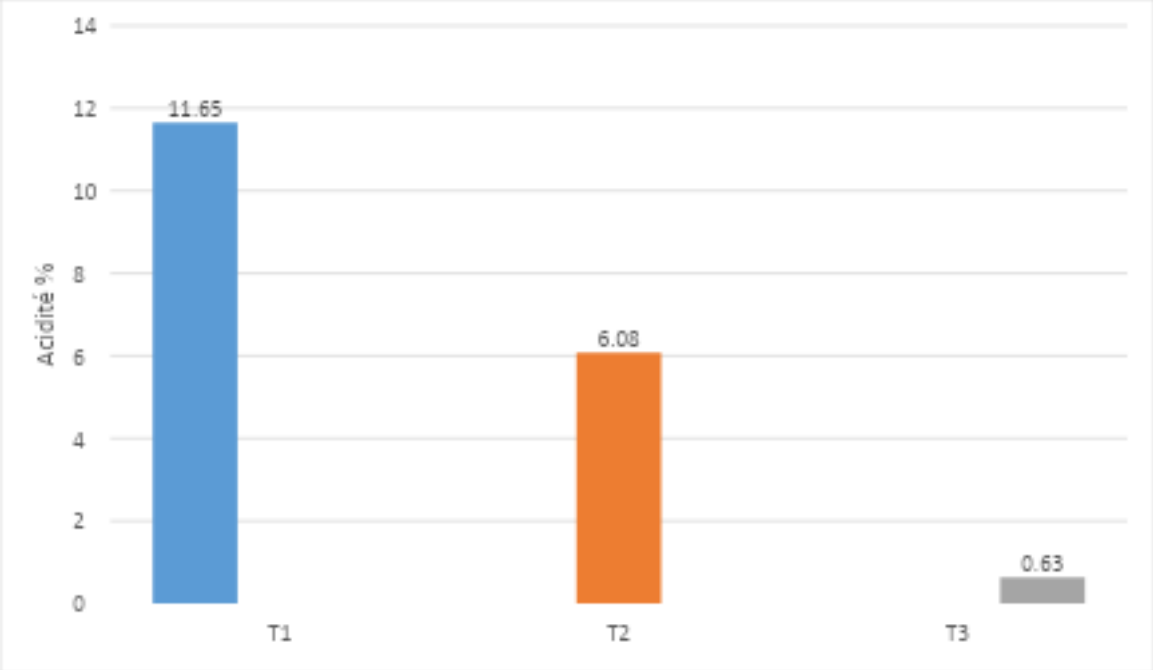


Figure 17 : Acidité des échantillons d'huiles d'olive extraites procédé traditionnel.

Enfin, les résultats obtenus confirment que le procédé d'extraction exerce une influence significative sur l'acidité libre des huiles d'olive. Toutefois, cet effet reste étroitement lié à la qualité de la matière première, au degré de maturité des olives ainsi qu'aux conditions de stockage et de manipulation avant transformation, qui contribuent également à la qualité finale de l'huile. Ces observations sont en accord avec les travaux de Chimi (2006) et Gharbi et al. (2015), qui ont montré que les huiles obtenues par pression présentent généralement une acidité plus élevée que celles extraites par centrifugation lorsque les conditions de transformation ne sont pas parfaitement maîtrisées. Conformément aux normes du Conseil Oléicole International (COI, 2015), l'échantillon T3 est classé dans la catégorie des huiles d'olive vierges extra (acidité ≤ 0,8 %), les échantillons C1 et P1 dans la catégorie des huiles vierges (acidité ≤ 2 %), les échantillons P2 et P3 dans la catégorie des huiles vierges courantes (acidité ≤ 3,3 %), tandis que les échantillons C2, C3, T1 et T2 appartiennent à la catégorie des huiles d'olive vierges lampantes (acidité≤ 3,3 %).

1.2. Indice de peroxyde

Selon le Conseil Oléicole International (COI, 2017), l'indice de peroxyde exprime la quantité de peroxydes et d'hydroperoxydes formés au cours des premières étapes de l'oxydation des lipides. Il constitue un critère essentiel pour évaluer l'état d'oxydation primaire et la qualité des huiles d'olive vierges.Les résultats obtenus montrent que les huiles extraites par pression présentent des valeurs comprises entre 5,00 ± 0,00 et 9,50 ± 0,86 méq O_2/kg ces valeurs ne dépassent pas la limite fixée par le COI (2015) pour les huiles d'olives vierge extra (≤ 20 méq d'O2 / Kg). Une variation statistiquement significative (Pr > F < 0,0001) de l'indice de peroxyde a été observée entre les différents échantillons d'huile d'olive, traduisant une hétérogénéité de leur état d'oxydation.

Globalement, ce procédé est caractérisé par une séparation relativement lente de l'huile, ce qui prolonge son contact avec l'air et favorise les premières réactions d'oxydation conduisant à la formation des hydroperoxydes (Torres et Maestri, 2006). Toutefois, l'échantillon P3 présente une valeur plus élevée que P1 et P2, ce qui pourrait être lié à des différences de qualité de la matière première ou aux conditions de manipulation des olives avant l'extraction.Un indice de peroxyde très faible peut donc indiquer que l'huile a subi une oxydation avancée avec formation importante de composés secondaires la transformation des peroxydes en produits secondaires d'oxydation entraine une baisse de l'indice de peroxyde ce qui n'est pas nécessairement un signe positif car cela peut signifier que l'huile a été trop oxydée (Ghaoues ,2025).

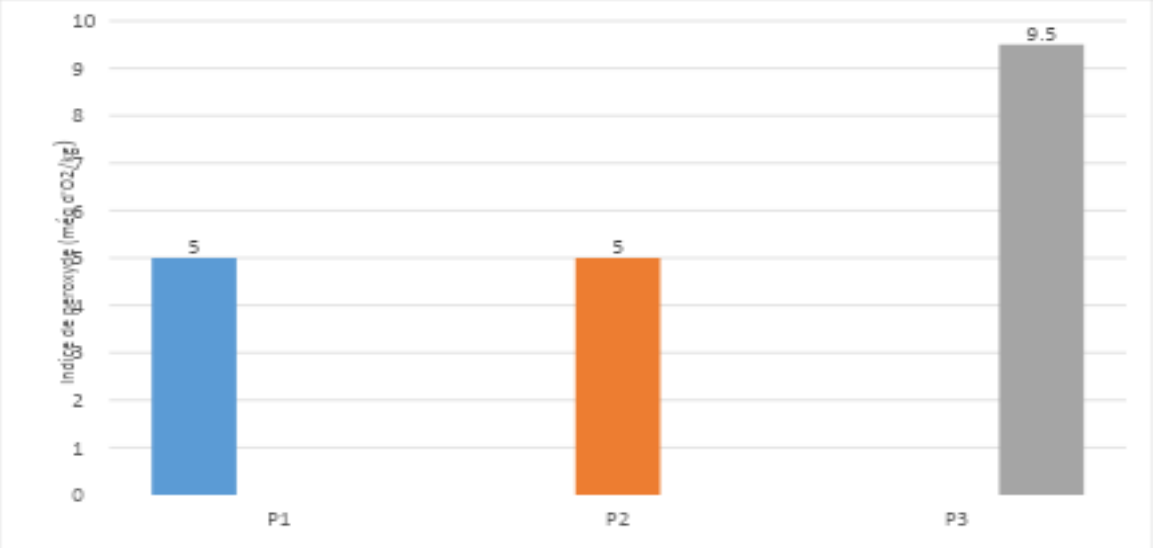


Figure 18 : Indice de peroxyde des échantillons d'huiles d'olive extraites par pression.

Les huiles obtenues par centrifugation présentent des valeurs comprises entre 2,83 ± 0,00 et 10,33 ± 2,56 méq O_2/kg, avec des différences hautement significatives (Pr > F < 0,0001). Ce procédé permet généralement une séparation rapide de l'huile, limitant ainsi son contact avec les phases solides et aqueuses. Néanmoins, les contraintes mécaniques du procédé peuvent favoriser une incorporation partielle d'oxygène, susceptible d'influencer la formation des hydroperoxydes. Les différences observées entre les échantillons, notamment la valeur plus élevée de C1 par rapport à C2 et C3, peuvent également être liées à la teneur en composés phénoliques naturels, reconnus pour leur activité antioxydante (Servili et al., 2004 ; Gharbi et al., 2015).

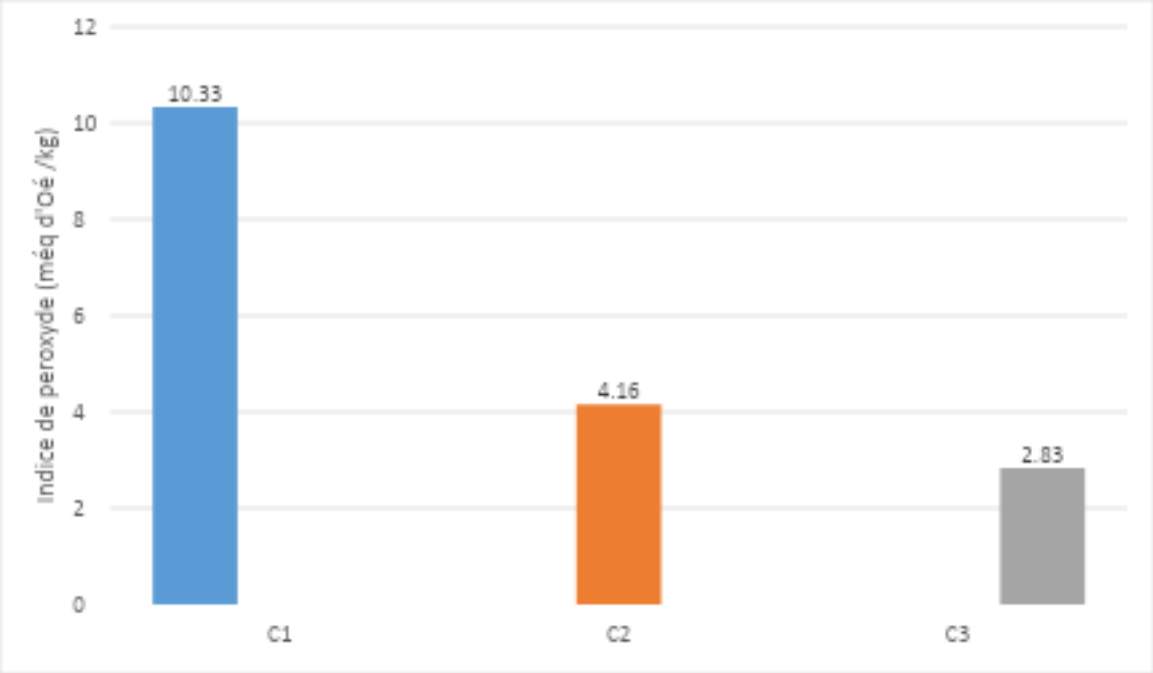


Figure 19 : Indice de peroxyde des échantillons d'huiles d'olive extraites centrifugation à trois phases.

Les huiles extraites par procédé traditionnel présentent des valeurs très faibles comprises entre 2,66 ± 2,88 et 8,66 ± 1,15 méq O_2/kg, avec une différence hautement significative (Pr > F < 0,0001). Les conditions d'extraction traditionnelles, caractérisées par une exposition prolongée de la pâte d'olive à l'air et un contrôle limité des différentes étapes du procédé, peuvent accélérer les réactions d'oxydation.

Toutefois, la faible valeur enregistrée pour T1 (2,66 méq O_2/kg) doit être interprétée avec prudence. Associée à une acidité très élevée (11,65 %), elle traduit probablement une oxydation déjà avancée, au cours de laquelle les hydroperoxydes se décomposent en produits secondaires d'oxydation, tels que les aldéhydes et les cétones, entraînant ainsi une diminution apparente de l'indice de peroxyde (Frankel, 2005 ; Torres et Maestri, 2006). À l'inverse, la valeur obtenue pour T3 (6,00 ± 0,00 méq O_2/kg) peut refléter une meilleure préservation des composés antioxydants naturels, assurant une meilleure stabilité oxydative de l'huile (Servili et al., 2004).

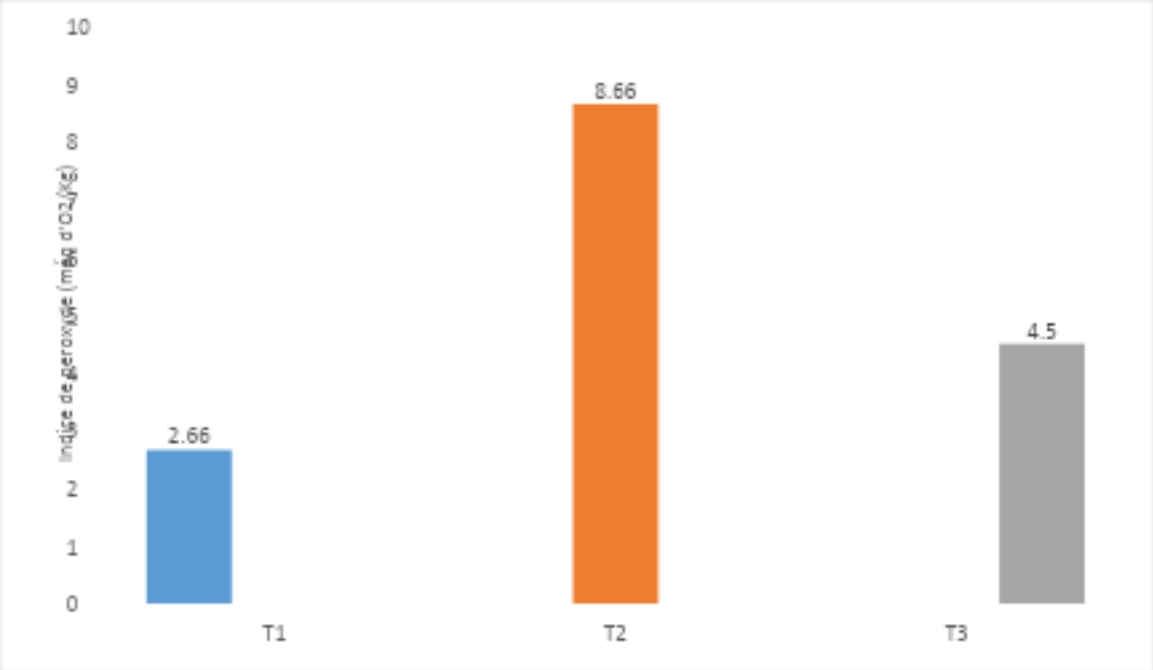


Figure 20 : Indice de peroxyde des échantillons d'huiles d'olive extraites procédé traditionnel.

Enfin, les résultats montrent que toutes les huiles étudiées présentent des valeurs de l'indice de peroxyde inférieures à la limite maximale fixée par le Conseil Oléicole International (COI, 2017) pour les huiles d'olive vierges (≤ 20 méq O_2/kg). Ces résultats confirment que le procédé d'extraction influence l'état d'oxydation primaire des huiles d'olive. Toutefois, la stabilité oxydative dépend également de la qualité de la matière première, des conditions technologiques d'extraction et de la capacité de l'huile à préserver ses composés antioxydants naturels. Ces observations sont en accord avec les travaux de Salvador et al. (2003), qui ont montré qu'une bonne maîtrise des conditions d'extraction contribue à préserver la qualité oxydative des huiles d'olive.

1.3. Indice de saponification

Selon la norme ISO 3657:2020, l'indice de saponification représente la quantité d'hydroxyde de potassium (KOH), exprimée en milligrammes, nécessaire pour saponifier complètement un gramme de matière grasse. Il dépend principalement de la masse moléculaire moyenne des acides gras constituant les triglycérides de l'huile ; ainsi, les huiles contenant des acides gras à chaînes plus courtes présentent généralement des valeurs d'indice de saponification plus élevées (ISO 3657:2020 ; Bruneton, 2009).

Les résultats obtenus montrent que les huiles extraites par pression présentent des valeurs d'indice de saponification comprises entre 139,80 ± 3,53 et 151,49 ± 4,86 mg KOH/g d'huile. La valeur la plus faible est enregistrée pour l'échantillon P1 (139,80 ± 3,53 mg KOH/g), tandis que P2 présente la valeur la plus élevée (151,49 ± 4,86 mg KOH/g). Cependant, toutes les valeurs restent inférieures aux limites recommandées par le Codex Alimentarius (CXS 33-1981) pour les huiles d'olive vierges (184–196 mg KOH/g). Cette diminution pourrait être liée à une différence dans la composition lipidique des huiles obtenues par pression, notamment à la proportion des triglycérides et à la nature des acides gras présents (Boskou, 2006).

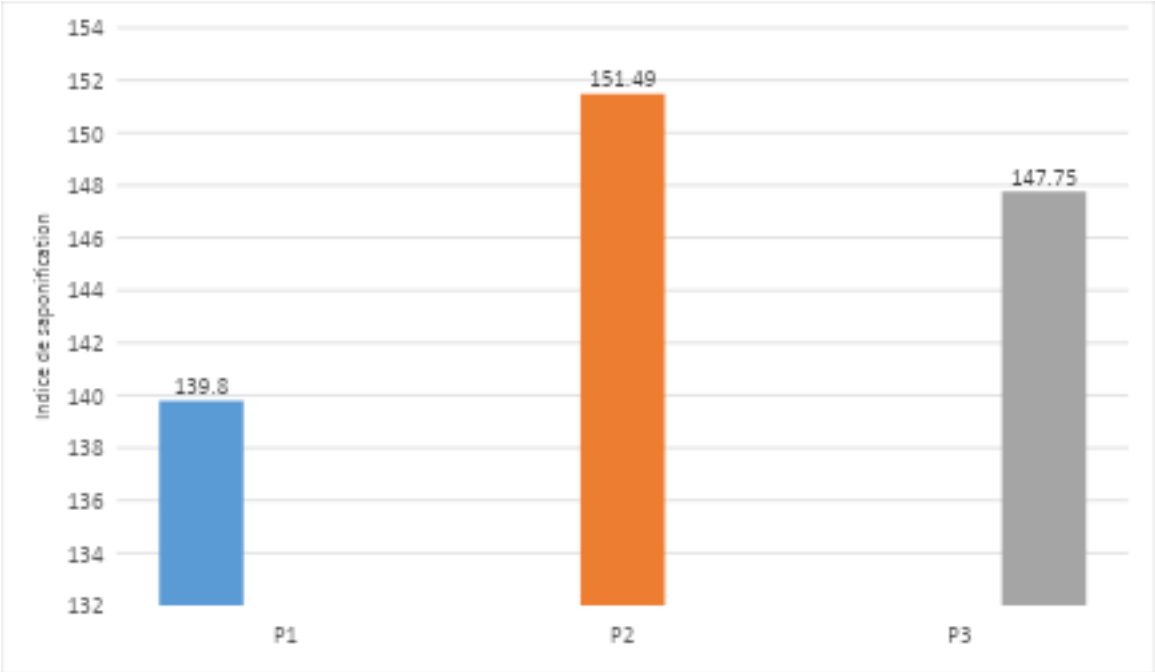


Figure 21 : Indice de saponification des échantillons d'huiles d'olive extraites par pression.

Concernant les huiles obtenues par centrifugation à trois phases, les valeurs enregistrées varient entre 149,62 ± 4,05 et 168,32 ± 2,80 mg KOH/g d'huile. L'échantillon C2 présente la valeur la plus élevée (168,32 ± 2,80 mg KOH/g). Malgré cette augmentation relative, les valeurs restent inférieures à la norme internationale. Cette différence peut être expliquée par l'influence du procédé d'extraction sur la composition chimique de l'huile, notamment sur la proportion des triglycérides et des acides gras présents dans l'huile extraite (Di Giovacchino et al., 2002).

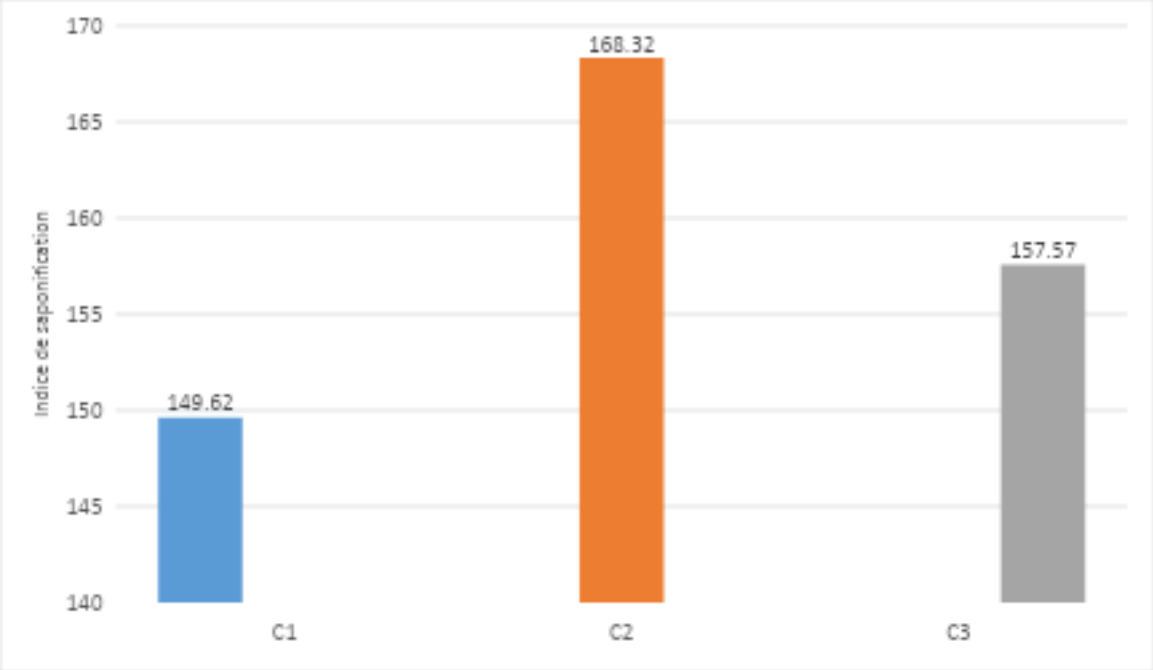


Figure 22 : Indice de saponification des échantillons d'huiles d'olive extraites centrifugation à trois phases.

Pour les huiles extraites par procédé traditionnel, les valeurs obtenues sont comprises entre 152,89 ± 5,05 et 160,84 ± 2,13 mg KOH/g d'huile. Ces valeurs sont relativement supérieures à celles obtenues par pression. Cette observation peut être liée aux conditions spécifiques de l'extraction traditionnelle, telles que le broyage, le malaxage et le pressage, qui peuvent influencer les caractéristiques chimiques du produit final. Ainsi, les variations dans la composition en acides gras peuvent entraîner des différences dans la valeur de l'indice de saponification (Kiritsakis, 1998 ; Boskou, 2006).

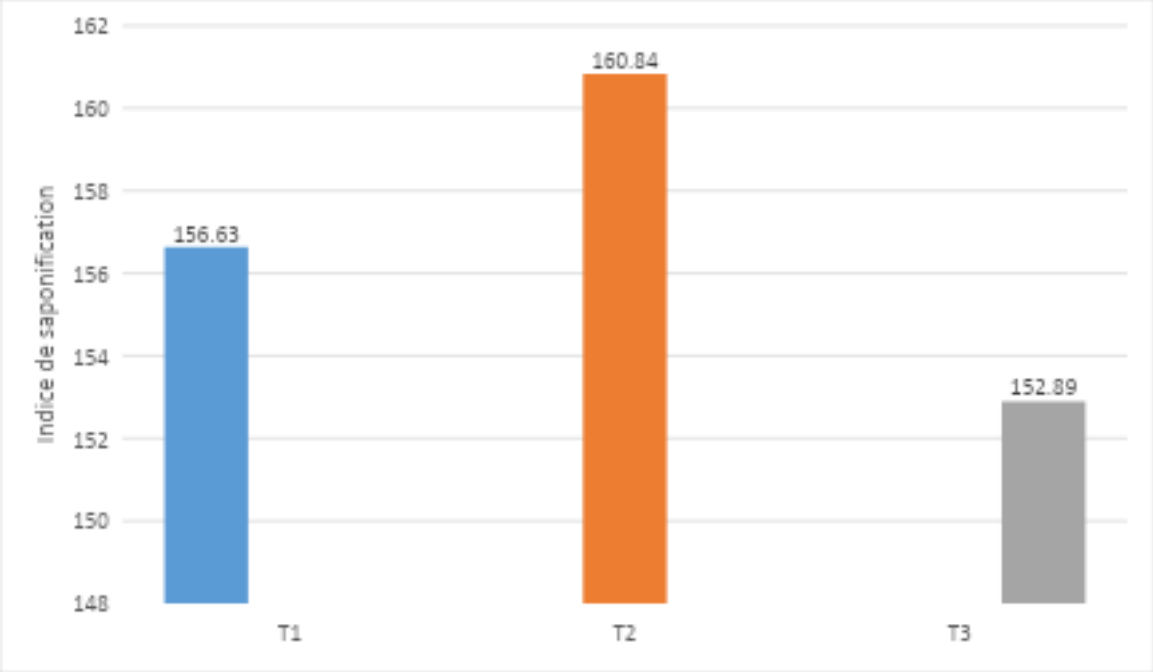


Figure 23 : Indice de saponification des échantillons d'huiles d'olive extraites procédé traditionnel.

Enfin, la comparaison globale des résultats montre que les méthodes de centrifugation et traditionnelle présentent des valeurs d'indice de saponification plus élevées que la méthode par pression, mais restent toutes inférieures aux limites du Codex Alimentarius. Ces résultats indiquent que la méthode d'extraction exerce un effet indirect sur l'indice de saponification à travers son influence sur la composition lipidique de l'huile, notamment la nature des triglycérides et la longueur moyenne des chaînes d'acides gras (Boskou, 2006 ; Di Giovacchino et al., 2002).

4. Analyse en Composantes Principales (ACP)

4.1. Inertie des axes et valeurs propres

Afin de synthétiser les informations issues de l'évaluation physico-chimique des huiles d'olive et d'étudier les relations entre les différents paramètres analysés, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée. L'analyse des valeurs propres **(Tableau 2)** montre que les deux premiers axes factoriels (F1 et F2) représentent une grande partie de la variabilité totale des données.

Tableau 2 : Analyse des valeurs propres et de la variabilité cumulée des composantes principales (F1, F2, F3).

	F1	F2	F3
Valeur propre	1,701	0,832	0,467
Variabilité (%)	56,703	27,738	15,560
% cumulé	56,703	84,440	100,000

L'axe F1 explique 56,70 % de l'inertie totale, tandis que l'axe F2 représente 27,74 %, avec une contribution cumulée de 84,44 %.Ces résultats indiquent que le plan factoriel F1 × F2 conserve l'essentiel de l'information et permet une interprétation fiable des différences entre les échantillons étudiés.

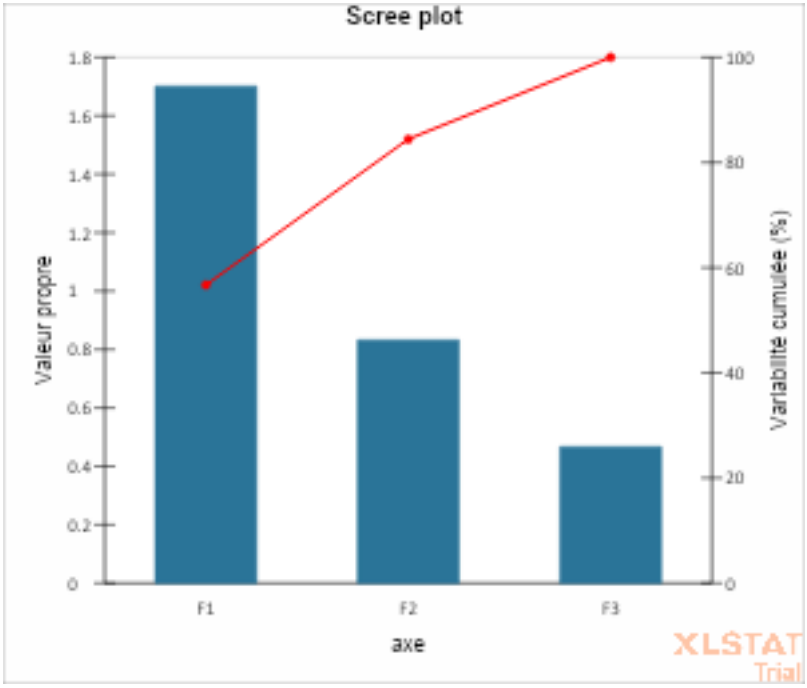


Figure 24 : Graphique des valeurs propres (Scree plot) issu de l'ACP des paramètres physico-chimiques de l'huile d'olive.

4.2. Analyse des variables et cercle des corrélations

L'analyse du cercle des corrélations permet d'évaluer les relations entre les paramètres étudiés et leur contribution aux axes principaux F1 et F2.

Les résultats montrent que l'axe F1 est principalement associé à l'acidité et à l'indice de saponification, qui présentent des corrélations positives avec cet axe. En revanche, l'indice de peroxyde est fortement associé à l'axe F2.Cette répartition indique que les paramètres étudiés décrivent différents aspects de l'évolution des huiles : l'acidité et l'indice de saponification sont liés aux modifications de la matière grasse, tandis que l'indice de peroxyde renseigne sur l'état d'oxydation primaire.

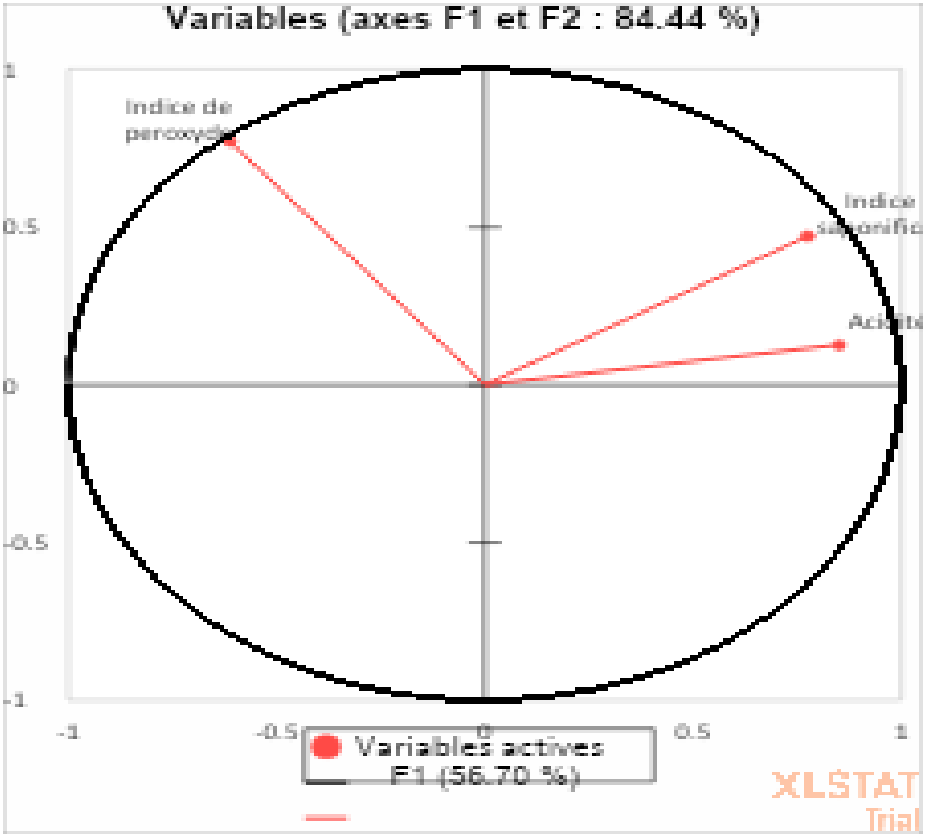


Figure 25 : Projection des paramètres de qualité de l'huile d'olive dans le cercle de corrélation des axes F1 et F2.

4.3. Projection et classification des échantillons (Analyse des individus)

La projection des échantillons sur le plan factoriel F1 × F2 permet de visualiser leur répartition selon leurs profils physico-chimiques. Les échantillons P1, P2 et T3 présentent une position proche sur le plan factoriel, indiquant une similarité entre leurs caractéristiques. Les échantillons P3 et C1 sont associés davantage à l'axe F2, ce qui traduit une relation plus importante avec l'indice de peroxyde. Les échantillons C2, T1 et T2 se regroupent dans une zone caractérisée par des valeurs plus élevées des paramètres étudiés (acidité et indice de saponification) montrant un profil physico-chimique différent. Les échantillons P1, P2 et T3 sont caractérisés par une acidité et un indice de saponification plus faibles que les autres échantillons. L'échantillon C3 présente un positionnement particulier, indiquant une différence par rapport aux autres échantillons. Ainsi, l'ACP permet de distinguer les échantillons selon leurs caractéristiques physico-chimiques et de mettre en évidence les relations entre les variables étudiées.

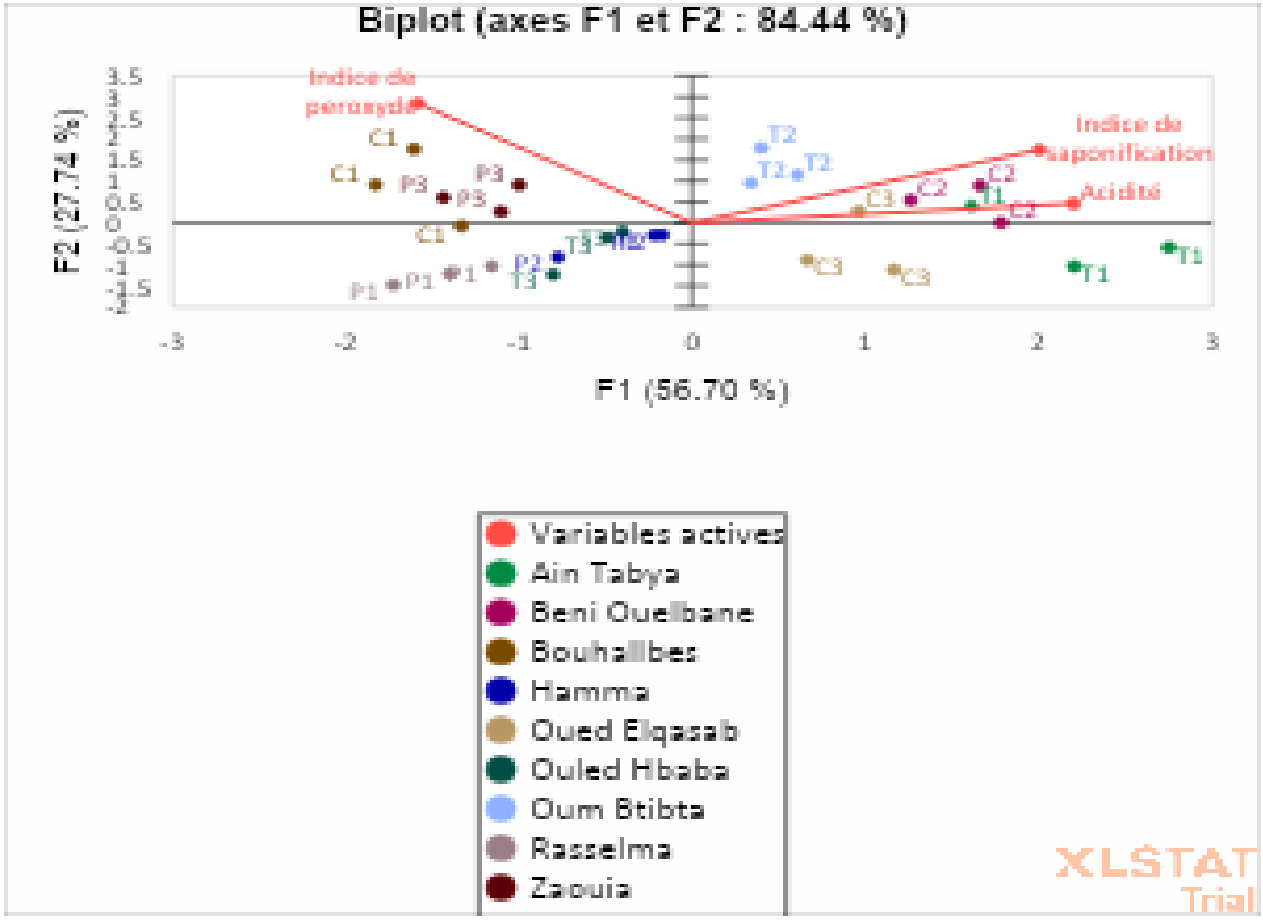


Figure 26 : Graphique Biplot de l'ACP illustrant la variabilité des indices physico-chimiques selon le procédé

L'huile d'olive constitue l'un des produits agricoles les plus importants dans les pays méditerranéens, où elle occupe une place essentielle sur les plans économique, nutritionnel et sanitaire. Sa qualité dépend de nombreux facteurs intervenant tout au long de la chaîne de production, depuis la récolte des olives jusqu'à leur transformation et au stockage de l'huile obtenue. Parmi ces facteurs, le procédé d'extraction représente une étape déterminante, susceptible d'influencer les caractéristiques physico-chimiques et la qualité finale de l'huile.

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer l'influence de trois procédés d'extraction de l'huile d'olive, à savoir le procédé traditionnel, le procédé par pression et la centrifugation à trois phases, sur certains paramètres physico-chimiques de qualité. Pour atteindre cet objectif, neuf échantillons d'huile d'olive provenant de différentes localités de la wilaya de Skikda ont été analysés. Les paramètres retenus étaient l'acidité libre, l'indice de peroxyde et l'indice de saponification, qui constituent des indicateurs essentiels de la qualité des huiles d'olive vierges. Les résultats obtenus ont révélé des différences hautement significatives entre les échantillons et entre les procédés d'extraction pour l'ensemble des paramètres étudiés ($P < 0,0001$). Ces différences montrent que le procédé d'extraction influence les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive. Toutefois, les variations observées entre des échantillons issus d'un même procédé démontrent que la qualité finale de l'huile ne dépend pas exclusivement de la méthode d'extraction. En effet, la qualité de la matière première, le degré de maturité des olives, les conditions de récolte, le délai entre la récolte et l'extraction, ainsi que les conditions de stockage et de manipulation constituent également des facteurs déterminants.

L'étude a également montré que le procédé de centrifugation à trois phases permet généralement d'obtenir une huile présentant de bonnes caractéristiques de qualité grâce à une séparation rapide des différentes phases, limitant ainsi les phénomènes d'hydrolyse et d'oxydation. Le procédé par pression a présenté des résultats intermédiaires, tandis que le procédé traditionnel a montré une variabilité plus importante, probablement en raison du caractère artisanal de cette méthode et du contrôle limité des conditions d'extraction.

Par ailleurs, la classification des huiles selon les normes du Conseil Oléicole International a mis en évidence des différences de qualité entre les échantillons étudiés. Certaines huiles répondaient aux critères des huiles vierges extra ou vierges, alors que d'autres présentaient des valeurs plus élevées d'acidité, traduisant une altération plus importante de leur qualité. Ces observations soulignent l'importance du respect des bonnes pratiques de récolte, de transport, de stockage et d'extraction afin de préserver les qualités physico-chimiques de l'huile d'olive.

En définitive, cette étude confirme que le procédé d'extraction constitue un facteur important dans la détermination de la qualité de l'huile d'olive. Toutefois, son effet reste étroitement lié à l'ensemble des conditions de production et de transformation. L'amélioration de ces différentes étapes permettrait d'obtenir une huile de meilleure qualité, répondant aux exigences des normes internationales et aux attentes des consommateurs.

Au terme de ce travail, plusieurs perspectives peuvent être proposées :

- Étudier l'effet d'autres procédés d'extraction modernes sur la qualité de l'huile d'olive.
- Évaluer l'influence de la variété d'olive et du stade de maturité des fruits sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile.
- Compléter cette étude par des analyses biochimiques, notamment la détermination de la teneur en composés phénoliques et en antioxydants.
- Réaliser une analyse sensorielle afin d'établir une relation entre les caractéristiques physico-chimiques et les qualités organoleptiques de l'huile.
- Étudier l'effet des conditions de stockage sur la stabilité et la qualité de l'huile d'olive au cours du temps

1. **Alvarez-Sala, A., Attanzio, A., Tesoriere, L., García-Llatas, G., Barberá, R., & Cilla, A. (2018).** Apoptotic effect of a phytosterol-ingredient and its main phytosterol (β-sitosterol) in human cancer cell lines. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 70(3), 323–334.

2. Alves E., Rosàrio M., and Domingues P. (2018). Polar Lipids from Olives and Olive Oil: A Review on Their Identification, Significance and Potential Biotechnological Applications. Mass Spectrometry Centre, Department of Chemistry & QOPNA, University of Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal.7(7), 109.

3. Angerosa, F., Di Giacinto, L., & Solinas, M. (2001). Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oil. Rivista Italiana delle Sostanze Grasse.

4. Aparicio R., Luna G., (2002). Characterisation of monovarietal virgin olive oils. Eur.J.LipidSci.Technol.104:1-12

5. Aparicio, R., & Harwood, J. (2013). Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties (2nd ed.).

6. Baldoni, L., & Belaj, A. (2010). Olive. Oil crops, 397-421.

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

8. Beltrán G., Jiménez A., Del Rio C., Sánchez S., Martínez L., Uceda M., Et Aguilera M P., (2010). Variability of Vitamin E in Virgin Olive Oil by Agronomical and Genetic Factors. Journal of Food Composition and Analysis, 23, (6), 633–639

9. Beltran, G., Aguilera, M. P., Del Rio, C., Sanchez, S., & Martinez, L. (2005). Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. Food Chemistry, 89, 207–215.

10. Besnard, G., Rubio de Casas, R., Christin, P. A., & Vargas, P. (2009). Phylogenetics of Olea (Oleaceae) based on plastid and nuclear DNA sequences: taxonomy and biogeography. American Journal of Botany, 96(7), 1311–1326.

11. Boskou, D. (2006). Olive oil: chemistry and technology. AOCS Publishing.

12. Boskou, D. (2021). Olive Oil: Chemistry and Technology. 3rd Edition. AOCS Press / Academic Press.Zhang, N., Li, Y., Wen, S., Sun, Y., Chen, J., & Gao, Y. (2021). Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. Food Chemistry, 358, 129960.

13.Bruneton, J. 2009. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Lavoisier, 1268p.

Camps Fabrer, H. 2016. "Huile." Encyclopédie berbère 23: 3521-3553

14.Cardeno A., Sanchez-Hidalgo M., Et Alarcon-De-La-Lastra C., 2013. An UpDate of Olive Oil Phenols in Inflammation and Cancer: Molecular Mechanisms and Clinical Implications. Current Medicinal Chemistry, 20(36), 4758-4776.

15.Cecchi, L., Migliorini, M., & Mulinacci, N. (2021). Virgin Olive Oil Volatile Compounds: Composition, Sensory Characteristics, Analytical Approaches, Quality Control, and Authentication. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(29), 7969–7985.

16.Cecchi, L., Migliorini, M., & Mulinacci, N. (2021). Virgin Olive Oil Volatile Compounds: Composition, Sensory Characteristics, Analytical Approaches, Quality Control, and Authentication. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(29), 7969–7985.

17.Chiappetta, A., & Muzzalupo, I. (2012). Botanical Description. In A. Muzzalupo (Ed.), Olive Germplasm – The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy. InTechOpen

18.Chimi, H. (2006). Qualité de l'huile d'olive et facteurs d'altération. Revue des Régions Arides.

19.Clodoveo, M.L., Hbaieb, R.H., Kotti, F., Mugnozza, G.S., Gargouri, M., 2014. Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive oil by modulating the endogenous enzyme activities. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 13 (2), 135–154.

20.Connor, D. J., & Gómez-del-Campo, M. (2020). Physiology of the olive tree: Growth, development and adaptation to Mediterranean environments. In: The Olive Tree and Its Products.

21.Conseil Oléicole International (COI). (2015). Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et huiles de grignons d'olive. Madrid.

22. Conseil Oléicole International (COI) (2017). Trade standard applying to olive oils and olive pomace oils. Madrid.

23. Conseil Oléicole International (COI). (2019). Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. COI/T.15/NC n°3/Rév.14, Madrid, Espagne.

24. Conseil Oléicole International (COI). (2015) Détermination des acides gras libres, méthode à froid. Madrid: Conseil Oléicole International.

25. Conseil Oléicole International (COI).(2017)COI/T.20/Doc. No 35/Rev.1, — Détermination de l'indice de peroxyde. Madrid: Conseil Oléicole International.

26. Covas M.I. (2007). L'huile d'olive et le système cardiovasculaire. PharmacolRes ; 55 :175-186p.Cristal, Casablanca, Maroc;Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département des Sciences Alimentaires et Nutritionnelles, Rabat, Maroc.Correspondance

27. Demnati D., 2008. Facteurs affectant la qualité d'une huile d'olive vierge. Technologie

28. Di Giovacchino, L., Sestili, S., & Di Vincenzo, D. (2002). Influence of olive processing on virgin olive oil quality. European Journal of Lipid Science and Technology, 104(9-10), P588.

29.Diarte, C., Lai, P. H., Huang, H., Romero, A., Casero, T., Gatius, F., Graell, J., Medina, V., East, A., Riederer, M., & Lara, I. (2019). Insights Into Olive Fruit Surface Functions: A Comparison of CuticularComposition, Water Permeability, and Surface Topography in Nine Cultivars During Maturation. Frontiers in Plant Science, 10, 1484. ❖

30.Douzane, M., Daas, M. S., Ait Ouazou, A., Anane, C., Moussi, S., Abdi, A., Amrani, F. I., Kaidi, Y., & 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.

31.FAO (2022). Olive production and climate adaptation in Mediterranean regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

32.FAO. (2013). Codex Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils (CXS 33-1981). Codex Alimentarius Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

33.FAO. (2021). Olive cultivation and production guidelines. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

34.Flores, M., Saravia, C., Vergara, C., Avila, F., Valdés, H., & Ortiz-Viedma, J. (2021). Edible Oil Parameters during Deterioration Processes: A Review. International Journal of Food Science, 2021, Article ID 6644091.

35.Frankel E., A. Bakhouche, J. Lozano-Sanchez, A. Segura-Carretero, A. Fernandez-Gutierrez, (2013). Literature review on production process to obtain extra virgin olive oil enriched in bioactive compounds. Potential use of byproducts as alternative sources of polyphenols, J. Agric. Food Chem. 61 5179–5188.

36.Frankel, E. N. (2005). Lipid Oxidation (2nd ed.). The Oily Press, Bridgwater, United Kingdom.

37.Frankel, E. N. (2005). Lipid Oxidation. Woodhead Publishing.

38.Fratianni, F., Cozzolino, R., Martignetti, A., Malorni, L., d'Acierno, A., De Feo, V., ... & Nazzaro, F. (2019). Biochemical composition and antioxidant activity of three extra virgin olive oils from the Irpinia Province, Southern Italy. Food Science & Nutrition, 7(10), 3233-3243.

39.Ghanbari R., Anwar F., Alkharfy K., Gilani A.et Saari N. (2012). Nutriments précieux et bioactifs fonctionnels dans différentes parties de l'olive (Oleaeuropaea L.) - Une revue. Int J. Mol. Sci. ; 13 (3) : 3291-340p.

40.Ghanbari, R., Anwar, F., Alkharfy, K. M., Gilani, A. H., & Saari, N. (2020). Valuable nutrients and functional bioactives in different parts of olive plant: A review. International Journal of Molecular Sciences, 21(7), 2417.

41.Gharbi, I., & Hammami, M. (2019). Olive (Olea europea L.) oil. Fruit oils: Chemistry and functionality, 405-417.

42.Gharbi, I., Issaoui, M., & Hammami, M. (2015). Quality and oxidative stability of olive oils: Influence of extraction process. Journal of Food Quality.

43.Gilbert, B., et al. (2007). L'olivier en méditerranée : du symbole à l'économie (Rapport) Haddam M., Chimi H., Amine A.Laboratoire des Analyses Chimiques et Biocapteurs, Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, Mohammedia, Maroc;Lesieu

44.Green, P. S. (2002). A revision of Olea (Oleaceae). Kew Bulletin, 57, 91–140.

45.Gunstone, F. D. (Ed.). (2002). Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.Psomiadou E., M. Tsimidou, (2001). Pigments in Greek Virgin Olive Oils: Occurrence and Levels, J. Sci.Food Agric. 41: 640-647.

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

47.Huang C. L. and Sumpio B.E. (2008). Olive oil, the Mediterranean Diet. and Cardiovascular Health. America Collège of Surgeons ;207(3) : 407-416p.

48.Huelva, D.C., B. Garcia, and D. Manuel. 2005. "Organisation industrielle et évolution technique dans le secteur des huileries: analyse historique de l'évolution de la réalité espagnole." Olivae, no. 21. Oléagineux, corps gras, lipides 11 (3): 217-222.

49.Hussain, S. Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Bhat, T. A. (2021). Olive (Olea europaea L.) Morphology, taxonomy, composition and health benefits. In Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas: Nutritional and Health Benefits Cham: Springer International Publishing.pp. 117-129. Influence of extraction systems on the quality of virgin olive oil.European Journal of Lipid Science and Technology.

50.International Olive Council (IOC) (2023). Olive sector statistics and technical reports. Madrid, Spain.

51.International Olive Council (IOC). (2022). Rapports et documents techniques sur l'olivier. Madrid: IOC.

52.International Olive Council (IOC). (2022). World catalogue of olive varieties and technical information on olive cultivation. International Olive Council, Madrid, Spain.

53.ISO 3657:2020. Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice de saponification. International Organization for Standardization, 2020.

54.Jiménez-Sánchez, A., Martínez-Ortega, A. J., Remón-Ruiz, P. J., Piñar-Gutiérrez, A., Pereira-Cunill, J. L., & García-Luna, P. P. (2022). Therapeutic properties and use of extra virgin olive oil in clinical nutrition: A narrative review and literature update. Nutrients, 14(7), 1440.

55.Kiritsakis, A. K. (1998). Flavor Components of Olive Oil – A Review. Journal of the American Oil Chemists' Society.

56.Lopez S., Beatriz Bermudez, Sergio Montserrat-de la Paz, Sara Jaramillo, Lourdes M. Varela, Almudena Ortega-Gomez, Rocio Abia, Francisco J.G. Muriana (2014). Membrane composition and dynamics: A target of bioactive virgin olive oil constituents. Biochimica et Biophysica Acta 1838, 1638–1656.

57.Loumou, A. & Giourga, C. (2021). Olive groves: The life and the environment. Journal of Environmental Management, 280, 111-118.

58.Lozano-Castellón J., López-Yerena A., Domínguez-López I., Siscart-Serra A., Fraga N., Sámano S., 2022. Extra Virgin Olive Oil: A Comprehensive Review of Efforts to Ensure Its Authenticity, Traceability, And Safety.In: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol. 21, N° 3, P. 26392664.

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

60.Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) (2023). Statistiques agricoles de la filière oléicole en Algérie. Alger.

61.Morelli, G., Mastroleo, G., & Greco, A. (2020). Olive tree and olive oil in mediterranean diet.of virgin oil, Analytica Chimica Acta., Vol.292, pp : 235-241

62.Niaounakis, M., & Halvadakis, C. P. (2006). Olive processing waste management. Amsterdam (Netherlands): Elsevier Science.pp. 23-60

63.Omar, S. H. (2010). Oleuropein in Olive and its Pharmacological Effects. Scientia Pharmaceutica, 78(2), 133–154.

64.Owen, R. W., Giacosa, A., Hull, W. E., Haubner, R., Spiegelhalder, B., & Bartsch, H. (2000). The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. European journal of cancer, 36(10), 1235-1247.

65.Perona J.S., Canizares J., Montero E., Sanchez- Dominuez J. M., Catala A. and Ruiz-Gutierez V. (2004). Virgin olive oil reduces blood pressure in hypertensive elderly subjects.
Clinical Nutrition; 2 :191- 200p.

66.Psomiadou E., M. Tsimidou, (2001). Pigments in Greek Virgin Olive Oils: Occurrence and Levels, J. Sci.Food Agric. 41: 640-647.

67.Ranalli, A., Pollastri, L., Contento, S., Iannucci, E., & Lucera, L. (2001). Effect of olive paste kneading process time on the overall quality of virgin olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 103, 7–13.

68.Rodis, P.S., Karathanos, V.T., Mantzavinou, A., 2002. Partitioning of olive oil antioxidants between oil and water phases. J. Agric. Food Chem. 50 (3), 596–601.

69.RomeroM.P.,MotivaM.J.(2010). Effect of climatic conditions on quality of virgin olive oil

70.Salas, J. J., Harwood, J. L., & Martínez-Force, E. (2013). Lipid metabolism in olive: Biosynthesis of triacylglycerols and aroma components. In Handbook of olive oil: Analysis and properties (pp. 97-127). Boston, MA: Springer US. pp. 97-127.

71.Salvador, F. Aranda, G. Fregpane, (2001). Influence of fruit ripening on "Cornicabra" virgin olive oil quality A study of four successive crop seasons. Food chemistry 73 (2001) 45-53.

72.Salvador, M. D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., & Fregapane, G. (2003).

73.Seidita A., Soresi M.A., Giannitrapani L., Di Stefano V., Citarrella R., Et Mirarchi L., 2022. The Clinical Impact of an Extra Virgin Olive Oil Enriched Mediterranean Diet On Metabolic Syndrome: Lights and Shadows of a Nutraceutical Approach. In: Frontiers In Nutrition,Vol. 9, P. 980429.

74.Sekour B. (2012). Phyto protection de l'huile d'olive vierge (H.O.V.) par ajout des plantes végétales (thym, ail, romarin). Mag. Université de Boumrdesse ; 127 p.

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

76.Servili, M., Esposto, S., & Taticchi, A. (2022). Phenolic compounds in olive oil: health effects and technological aspects. European Journal of Lipid Science and Technology, 124(5), 2100203.

77.Servili, M., Selvaggini, R., Esposto, S., Taticchi, A., Montedoro, G. F., & Morozzi, G. (2004). Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: Agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. Journal of Chromatography A, 1054, 113–127.

78.Servili, M., Selvaggini, R., Esposto, S., Taticchi, A., Montedoro, G., & Morozzi, G. (2004). Health and sensory properties of virgin olive oil: influence of phenolic compounds. Journal of Chromatography A.

79.Servili, M., Taticchi, A., Esposto, S., Sordini, B., & Urbani, S. (2012). Technological Aspects of Olive Oil Production Olive Germplasm-The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy. In Olive Germplasm-The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy pp. 151-172.

80.Silva, B. S., & Schmiele, M. (2021). From olive to olive oil: a general approach. Research, Society and Development, 10(3), e32210313408-e32210313408

81.Souilem, S., El-Abbassi, A., Kiai, H., Hafidi, A., Sayadi, S., & Galanakis, C. M. (2017). Olive oil production sector: Environmental effects and sustainability challenges. In Olive mill waste. Academic Press. 1-28.

82.Springer.Abaza, L., Taamalli, A., Ben Temime, S., Daoud, D., & Miled, D. (2002). Influence de la maturité des olives sur la composition et la qualité de l'huile d'olive. Oléagineux, Corps Gras, Lipides.

83.Spyros, A., A. Philippidis, P. Dais, (2004). Kinetics of Diglyceride Formation and Isomerization in Virgin Olive Oils by Employing 31P NMR Spectroscopy.

Formulation of a Quantitative Measure to Assess Olive Oil Storage History. J. Agric. Food Chem. 52:157-164.

84.Tamasi, G., Bonechi, C., Belyakova, A., Pardini, A., & Rossi, C. (2016). The olive tree, a source of antioxidant compounds. Journal of the Siena Academy of Sciences, 8(1).

85.Taylor, R., & Burt, J. (2007). Growing olive in Western Australia. Bulletin, 4331.

86.Torres, M. M., & Maestri, D. M. (2006). The effects of extraction system on olive oil quality parameters. Food Chemistry.

87.Trentacoste, E. R., Puertas, C. M., & Sadras, V. O. (2018). Olive tree growth, canopy structure and physiological responses. Scientia Horticulturae.

88.Uceda, M., Beltrán, G., & Jiménez, A. (2006). Olive oil extraction and quality. Grasas y aceites, 57(1), P27.

89.Vlahov G., Stojanović M., Et Milovanovic M., (2015). Antioxidant Activity of Olive Oil and Its Focused On the Functional Products Development: A Review. Journal of The Serbian Chemical Society, 80(6), 723-732.

90.Vossen, P. (2007). Olive oil: history, production, and characteristics of the world's classic oils. HortScience, 42(5), P1096.

91.Zhang, N., Li, Y., Wen, S., Sun, Y., Chen, J., & Gao, Y. (2021). Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. Food Chemistry, 358, 129960.

Tableau : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons d'huile d'olive avec moyennes et ecarts- types.

Echantillons	Acidité	Moy	ET	Indice de peroxyde	Moy	ET	Indice de saponification	Moy	ET
P1	1.57	1.38	0.16	5	5	0	143.08	139.80	3.53
P1	1.24			5			136.06		
P1	1.35			5			140.27		
P2	2.48	2.40	0.13	5	5	0	145.88	151.49	4.86
P2	2.25			5			154.30		
P2	2.48			5			154.30		
P3	3.04	3.26	0.39	8.5	9.5	0.86	147.28	147.75	2.14
P3	3.04			10			145.88		
P3	3.72			10			150.09		
C1	1.12	1.19	0.13	12.5	10.33	2.56	154.30	149.62	4.05
C1	1.35			11			147.28		
C1	1.12			7.5			147.28		
C2	5.64	5.52	0.19	5	4.16	1.44	171.13	168.32	2.80
C2	5 .30			2.5			168.33		
C2	5.64			5			165.52		
C3	5.07	5.14	0.45	1	2.83	2.02	157.10	157.57	3.52
C3	4.73			2.5			154.30		
C3	5.64			5			161.31		
T1	12.18	11.65	0.46	6	2.66	2.88	154.30	156.63	88.50
T1	11.28			1			154.30		
T1	11.50			1			161.31		
T2	6.20	6.08	0.19	8	8.66	1.15	161.31	160.84	2.13
T2	5.86			8			158.51		
T2	6.20			10			162.71		
T3	0.67	0.63	0.28	3.5	4.5	0.86	147.28	152.89	5.05
T3	0.90			5			154.30		
T3	0.33			5			157.10		

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 اوت 1955 - سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : /ق ع ف/ 2026

Skikda le : .....

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : GHACOUES Souhila ..... Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : BOUAKKEZ Hadil .....

Spécialité : Agro-alimentaire et qualité des produits .....

Intitulé : Impact du procédé d'extraction sur la qualité de l'huile d'olive .....

.....

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrante

Président(e) de Jury