

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie Appliqué
et Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية
وعلوم التغذية

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Sciences
de La Nature et de la Vie**
Filière : Sciences Alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de qualité

Thème

Impact des olives séchées et congelées sur la qualité de
l'huile d'olive vierge

Membres du Jury

Présidente : D^r LAGGOUNE S.
Examinatrice : D^r AKROUM S.
Encadrant : D^r DAIRI S.

Présenté par

M^r : BOUHELOUF Samir
M^r : KIMOUCHE Abd el malak



Année Universitaire 2021-2022

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A ma chère mère **Boudjatit Massaouda***

*A mon cher défunt père **Jayeb** qui m'a rendu un homme*

*A mes chers frères : **Yacine, Issam, Soufiane, Choukri, Housseem et***

Chaker

*A mes chères **tantes** et mes chers **oncles***

*A toute ma famille **Bouhelouf***

A tous mes collègues de promo Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité 2022

*A tous mes amis spécialement à **Yasser, Mohammed, Youcef et***

Djaber...

Sans oublier toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire

B. Samir

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Allah** le tout puissant de nous avoir aidé et donné la force et la patience pour réaliser ce modeste mémoire de Master.*

*Nous tenons aussi à exprimer toute notre gratitude à Monsieur le docteur **Dairi Soufiane** d'avoir accepté de nous encadrer et diriger ce projet de fin d'étude. Nous ne le remercierons jamais assez pour ses conseils précieux, son aide pratique et pédagogique. Nous lui serons toujours reconnaissants pour sa confiance accordée et son indulgence et d'avoir mis tous les moyens à notre disposition.*

Ce travail n'aurait pas vu le jour sans son précieux concours.

*Nous tenons également à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail : **Dr. Laggoune** comme présidente et **Dr. akroum** comme examinatrice.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du département des sciences de la nature et de la vie de l'université de Jijel ainsi qu'aux responsables administratifs de ce département et au personnel des laboratoires pédagogique en particulier **Mokhtar, Iman, Asma et Nedjla**.*

Nous remercions nos familles pour leur soutien et nous adressons nos vifs remerciements à tous nos amis sans exception.

Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Sommaire	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01
Partie 1 : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Olivier et huile d'olive	
I.1. Olivier et olives	06
I.1.1. Historique de l'olivier	06
I.1.2. Description de l'olive	07
I.2. Huile d'olive	08
I.2.1. Définition	08
I.2.2. Classification de l'huile d'olive	08
I.2.2.1. Huiles d'olive vierges	08
I.2.2.2. Huile de grignons d'olive	09
I.2.3. Composition chimique d'huile d'olive	10
I.2.3.1. Fraction saponifiable	10
I.2.3.2. Fraction insaponifiable	12
I.2.4. Technique d'extraction de l'huile d'olive	16
Chapitre II : La qualité de l'huile d'olive et traitements technologiques des olives	
II.1. Définition de la qualité	20
II.2. Facteurs affectant la qualité d'huile d'olive	20
II.2.1. Facteurs agronomiques et environnementaux	20
II.2.2. Facteurs génétiques	21
II.2.3. Facteurs technologiques	21
II.3. Altérations des olives lors du stockage	22
II.4. Méthodes de conservation des olives	24
II.4.1. Conservation par déshydratation (à sec)	24
II.4.1.1. Techniques de séchage	25
II.4.2. Conservation à froid	28
II.5. Impact des traitements technologiques	30
II.5.1. Impact du séchage	30
II.5.1.1. Impact sur la texture	30
II.5.1.2. Impact sur des pigments	31
II.5.1.3. Impact sur les composés phénoliques	33
II.5.1.4. Impact sur la composition en acides gras	33
II.5.2. Impact de la congélation	34
II.5.2.1. Impact sur la texture	34
II.5.2.2. Impact sur des pigments	35
II.5.2.3. Impact sur les composés phénoliques	36
II.5.2.4. Impact sur la composition en acides gras	37
Partie 2 : Partie expérimentale	
Chapitre I : Matériel et méthodes	
I.1. Description du matériel végétal	41
I.2. Traitement des olives	42
I.3. Technique d'extraction d'huile d'olive vierge	43
I.4. Caractérisation physico-chimique des échantillons d'huile d'olive	45

I.4.1. Détermination des acides gras libres (AGL)	45
I.4.2. Détermination de l'indice de peroxyde	45
I.4.3. Absorbance spécifique en rayonnement uv (Coefficients d'extinction K232 et K270)	46
I.4.4. Dosage des pigments	47
I.4.5. Détermination des polyphénols des huiles d'olive	47
I.4.5.1. Extraction des polyphénols :	47
I.4.5.2. Dosage des composés phénoliques totaux des huiles d'olive	47
I.4.6. Indice d'amertume	48
I.4.7. Activité antioxydante	48
I.4.7.1. Piégeage de peroxyde d'hydrogène (H ₂ O ₂ Scavenging activity)	48
I.4.7.2. Piégeage du radical libre DPPH	48
I.4.8. Dosage des métaux lourds	49
I.4.9. Analyse chromatographique en phase gazeuse des acides gras	49

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Etude physico-chimique de l'huile d'olive : impact des traitements technologiques sur la qualité physicochimique	52
II.1.1. Acidité libre	52
II.1.2. Indice de peroxyde	54
II.1.3. Coefficient d'extinction spécifique (K232, K270)	55
II.1.4. Détermination de la teneur en pigments	57
II.1.4.1. Taux de chlorophylles	57
II.1.4.2. Taux de caroténoïdes	59
II.1.5. Composés phénoliques totaux	60
II.1.6. Indice d'amertume	63
II.1.7. Activité antioxydante	63
II.1.7.1. Piégeage de peroxyde d'hydrogène (H ₂ O ₂ Scavenging activity)	63
II.1.7.2. Activité anti-radicalaire (DPPH Scavenging activity)	64
II.1.8. Métaux lourds	65
II.1.9. Composition en acide gras	67

Conclusion

72

Références bibliographiques

Les annexes

Résumé/ Abstract/ الملخص

Liste des abréviations

A	Absorbance
°C	Degré Celsius
Cm	Centimètre
C.O.I	Conseil oléicole International
CPG	Chromatographe en phase gazeuse
DPPH	DiPhenyl Picryl-Hydrazyl
G	Gramme
H₂O₂	Le peroxyde d'hydrogène
IP	Indice de peroxyde
ISO	International Standard Organisation
K232	Coefficient d'extinction à 232nm
K270	Coefficient d'extinction à 270nm
Kg	Kilogramme
LDL	Low density lipoprotein
M	Mètre
Méq	Milliéquivalent
mg	Milligramme
min	Minute
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mM	Milli Mole
N	Normalité
Nm	Nano-mètre
pH	potentiel d'hydrogène
ppm	Partie par million
rpm	Ration par minute
SAA	Spectroscopie d'absorption
tr	Tour
UV	Ultra-Violet
V	Volume
µL	Microlitre
WHO	World Health Organisation

Liste des tableaux

Partie 1 : synthèse bibliographique

Chapitre I : Olivier et huile d'olive

Tableau I : Triglycérides les plus abondants dans l'huile d'olive extra vierge et leur Pourcentage de poids approximatif.

Tableau II : Composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (% m/m d'esters méthyliques) des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive.

Partie 2 : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

Tableau III : Les abréviations des différents échantillons des huiles d'olive analysés

Chapitre II : Résultats et discussion

Tableau IV : Teneurs en Plomb (Pb) et Zinc (Zn) dans les 05 échantillons d'huile d'olive

Liste des figures

Partie 1 : synthèse bibliographique

Chapitre I : Oliviers et huile d'olive

Figure 1 : Pays et principales régions de culture de l'olivier (2016)

Figure 2 : Composition du fruit d'olivier

Figure 3 : Organigramme de l'extraction de l'huile d'olive

Chapitre II : La qualité de l'huile d'olive et traitements technologiques des olives

Figure 4 : Séchage au soleil de raisins en Espagne

Figure 5 : Séchage solaire de fonio précuit sur table

Figure 6 : Diagramme de phase de l'eau et cycle de lyophilisation

Figure 7 : Micrographies SEM de haricots frais (a), séchés à l'air (b), séchés sous vide (c) et lyophilisés (d). Barre d'échelle : 200 μm

Figure 8 : Images microscopiques du tissu du phloème d'un échantillon frais (a) et d'un échantillon congelé-décongelé (b)

Partie 2 : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

Figure 9 : Géographie de zones de prélèvement des olives

Figure 10 : Les étapes de séchage des olives à l'étuve

Figure 11 : Les différents échantillons d'huile d'olive extraits

Figure 12 : Dispositif de SAA

Figure 13 : Dispositif de CPG

Chapitre II : Résultats et discussion

Figure 14 : l'acidité libre des échantillons d'huile d'olive

Figure 15 : Indice de peroxyde des échantillons d'huile d'olive

Figure 16 : Absorbances en UV K232 et K270 des échantillons d'huile des olives séchées

Figure 17 : Absorbances en UV K232 et K270 des échantillons d'huile des olives congelées

Figure 18 : Teneur en chlorophylles des échantillons d'huile d'olive

Figure 19 : Teneur en caroténoïdes des échantillons d'huile d'olive

Figure 20 : Teneur en polyphénols des échantillons d'huile d'olive

Figure 21 : Le taux d'amertume des échantillons d'huile d'olive

Figure 22 : Activité du piégeage de peroxyde d'hydrogène des extraits d'huile d'olive

Figure 23 : Activité Scavenger sur le radical DPPH• des extraits de l'huile d'olive

Figure 24 : Chromatogramme des acides gras de l'échantillon T

Figure 25 : Chromatogramme des acides gras de l'échantillon A1

Figure 26 : Chromatogramme des acides gras de l'échantillon BE1

Figure 27 : Chromatogramme des acides gras de l'échantillon BC1

Figure 28 : Chromatogramme des acides gras de l'échantillon C1

L'olivier, l'arbre le plus important au monde est une richesse avérée du paysage agricole. Il fait partie intégrante de l'histoire du bassin méditerranéen.

L'olive et son huile ont toujours été les composants clés du régime méditerranéen pendant très longtemps, en raison de leur haute qualité nutritionnelle et de leurs effets positifs sur la santé (**Muto et al., 2015**).

Les huiles d'olive vierges sont les huiles obtenues du fruit de l'olivier uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions thermiques qui n'entraînent pas d'altérations et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration. Elles sont composées d'une fraction saponifiable et une fraction insaponifiable représentées principalement par des composés phénoliques (**Lama et al., 2017**).

Si les acides gras sont les constituants majeurs de l'huile d'olive, ce sont les constituants mineurs qui permettent son authentification, tant sur le plan de la provenance géographique que sur sa qualité physico-chimique (**Bouskou, 2015**).

Ses vertus thérapeutiques ne sont plus à démontrer, d'ailleurs, plusieurs livres sacrés dont la Bible et le Saint Coran ont cité ses vertus naturelles et diététiques. En effet, toutes les études démontrent que les régimes alimentaires à base d'huile d'olive sont bénéfiques pour la santé humaine en diminuant le risque de plusieurs maladies. Elle représente une source typique de lipide de régime méditerranéen, dont la consommation a été associée à une incidence limitée des maladies cardiovasculaires et des cancers. Le rapport va plus loin en suggérant que l'huile d'olive extra vierge pourrait protéger contre le déclin cognitif lié à l'âge et la maladie d'Alzheimer (**Medeiros et Hampton, 2019**).

En Algérie, L'oléiculture est l'un des secteurs stratégiques et l'huile d'olive est un trésor national d'utilité publique et un précieux carburant pour l'économie. De ce fait, c'est grâce aux efforts constants des pouvoirs publics qui ont déployé énormément de moyens pour développer la filière oléicole, et ce à partir des années 2000. A partir de là, la production de l'huile d'olive a été croissante pour enregistrer le niveau le plus élevé durant la décennie précédente et atteindre en 2020 les alentours de 125500 tonnes (**Zaidi et al., 2021**).

La qualité de l'huile d'olive est influencée par divers facteurs comme la variété, les conditions climatiques, le mode de trituration s'il est traditionnel ou industriel et ainsi que les conditions et la durée de stockage (**Ouedrhiri et al., 2017**). Au moment de la période de récolte, la capacité de traitement des moulins était souvent dépassée par la production oléicole algérienne. Les olives sont souvent empilées en grands tas ou dans des sacs en plastique et peuvent être stockées à température ambiante pendant plusieurs jours avant d'être traitées pour l'extraction de

l'huile. De plus, la pression à l'intérieur du tas d'olives pendant le stockage peut provoquer la sécrétion d'un liquide par les olives, ce qui un milieu optimal pour la croissance des champignons et des bactéries. Ces conditions peuvent accélérer la détérioration du fruit et, à terme, provoquer des pertes de qualité de l'huile d'olive (**Nabil *et al.*, 2012**).

Les moyens disponibles aujourd'hui pour éviter ou au moins limiter des altérations d'origine biologique et microbiennes lors du stockage des olives à des niveaux acceptables sont aujourd'hui relativement divers. Il s'agit notamment le stockage en atmosphère contrôlée et le stockage à froid, qui génèrent des dépenses additionnelles.

Dans la présente étude, nous avons abordé deux méthodes de traitement des olives, le séchage et la congélation, dans le but d'améliorer leur qualité microbiologique avant l'étape d'extraction.

La première partie de notre travail consiste à une synthèse bibliographique qui comprend deux chapitres dont le premier détaille des généralités sur l'olivier et l'huile d'olive dans le monde, le deuxième chapitre traite les différentes méthodes de conservation et l'impact de séchage et la congélation sur la composition des fruits.

La deuxième partie c'est la partie expérimentale, cette partie est consacrée à des analyses physicochimiques des échantillons d'huile d'olives prévus pour notre travail. Finalement, la troisième partie consiste à une discussion des résultats obtenus et on termine notre travail avec une conclusion.

Partie 1
Synthèse
bibliographique

Chapitre I
Olivier et huile
d'olive

I.1. Olivier et olives

I.1.1. Historique de l'olivier

L'olivier (*Olea europea*) est un arbre robuste qui vit plusieurs siècles, jusqu'à 300 ou 400 ans. Il produit des "rejets" qui assurent sa descendance, au point que les anciens le croyaient immortel (**Lazzeri et Gilbert, 2007**). Typiquement méditerranéen, de 6 à 8 m de hauteur, à tronc tortueux et à écorce grisâtre et crevassée. Les feuilles sont blanches argentées sur la face inférieure, vertes grisâtres sur la face supérieure, opposées, persistantes, coriaces et lancéolées. Les fleurs, petites et blanches, à quatre pétales, sont réunies en grappes dressées (**Benlemlih et Ghanam, 2012**).

L'olivier est le nom commun d'environ 35 espèces d'arbustes et d'arbres du genre *Olea*. Le nom est particulièrement utilisé pour l'espèce *Olea europaea* (**Benlemlih et Ghanam, 2012**). Il est l'un des plus anciennes cultures de la région méditerranéenne où il a occupé depuis la préhistoire une place majeure dans la culture de cette région. Les analyses de la diversité morphologique et génétique ont démontré que la ségrégation de la population sauvage de l'olivier s'étend sur un axe est-ouest ce qui reflète sa division biogéographique dans le bassin méditerranéen où les régions orientales et occidentales sont séparées par une ligne Mer Adriatique et le désert de Libye (**Abdessemed, 2018**).

L'olivier est connu chez les Phéniciens depuis la Haute Antiquité, il est désigné par le mot zeitoun et l'huile tirée de ce fruit par zit. Ces deux mots sont, il est vrai, couramment employés dans le vocabulaire amazigh (**Boudribila, 2004**). Il a toujours été un symbole de paix, de sagesse et d'abondance (**El Bouzidi et Ouahidi, 2016**).

L'origine de l'olivier a été le sujet de plusieurs débats. Bien que des fossiles datant de la période tertiaire aient prouvé l'existence d'un ancêtre de l'olivier en Italie. Les découvertes archéo-botaniques de noyaux d'olive dans les habitats humains remontent à environ 780 000 ans, il a été démontré que des cavités de rochers ont servi pour le pressage des olives en crête (**Metlef, 2021**).

Actuellement l'olivier a connu une extension progressive à travers le monde. Durant les dernières années. Plusieurs pays non méditerranéens ont tendance à développer cette culture dans certaines régions spécifiques de leur territoire. Plus récemment l'oléiculture s'est développée modestement en Australie, au Japon et en Amérique du sud. En Afrique, il est cultivé en Algérie, Tunisie, Maroc, Libye, Egypte, Afrique du sud et Angola par ordre d'importance (**Aouidi, 2012**). La carte suivante montre l'aire de répartition de cette culture.

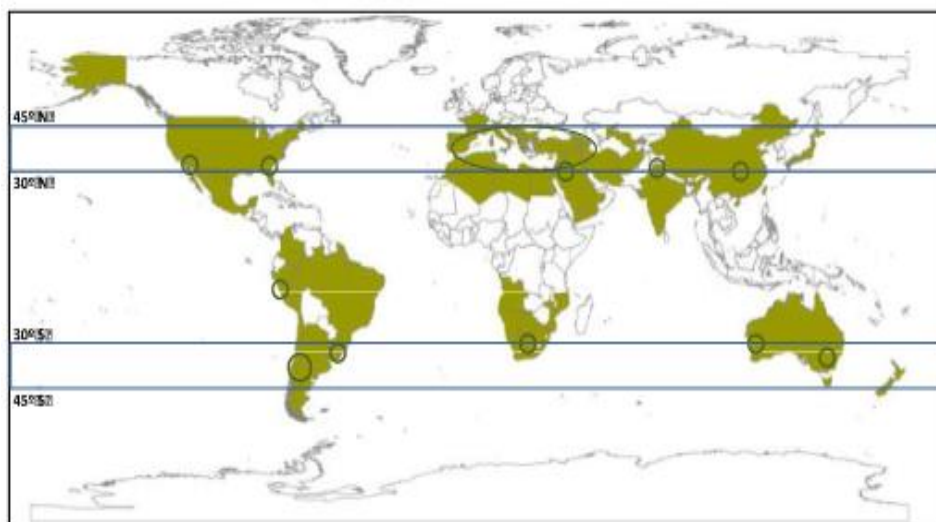


Fig 1. Pays et principales régions de culture de l'olivier (Sánchez-Martínez, et Garrido-Almonacid, 2018).

I.1.2. Description de l'olive

L'olive est une drupe à peau lisse, à enveloppe charnu renfermant un noyau très dur, osseux, qui contient une graine, quelques fois deux. Sa forme ovoïde est typique. Sa couleur, d'abord verte, vire au bleu violacé et au noir à maturité complète, vers octobre–novembre dans l'hémisphère nord. C'est un aliment et la source d'une huile alimentaire issue de son enveloppe charnue riche en graisses. L'huile est obtenue lors d'une trituration des fruits (du pricarpe et non de la graine) dans un moulin à huile spécifique. Sa composition varie en fonction du terroir, des pratiques agronomiques locales, de la variété (ou cultivar) et du stade de maturité à la récolte (Gigon et Le Jeune, 2010).

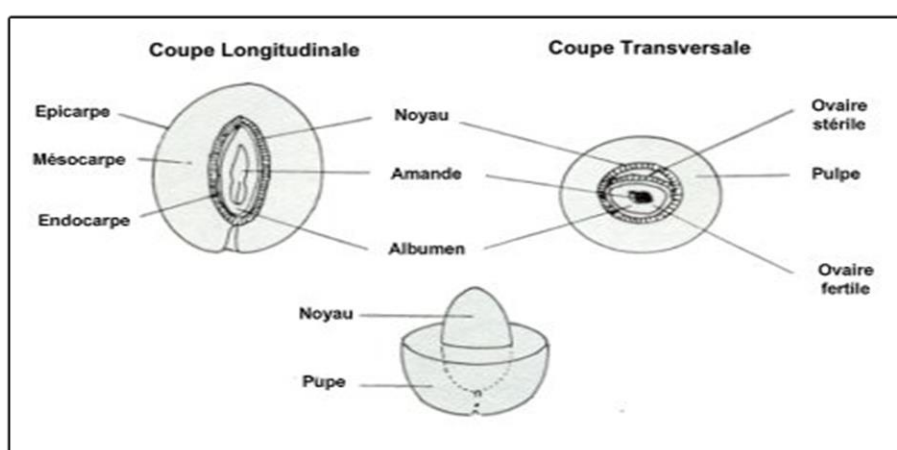


Fig 2. Composition du fruit d'olivier (Henry, 2003).

La composition chimique moyenne de l'olive est la suivante : l'eau (50 %), huiles (22 %), polyphénols (1,5 %), protéines (1,5 %), sucres (18 %), cellulose (5,5 %), minéraux (1,5 %).

D'autres constituants importants sont les pectines, les acides organiques, les pigments et les glycosides de phénols (**Benlemlih et Ghanam, 2012**).

I.2. Huile d'olive

I.2.1. Définition

L'huile d'olive est une huile provenant uniquement du fruit de l'olivier (*Olea europaea*L.) à l'exclusion des huiles obtenues par solvant ou par des procédés de ré-estérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (**Codex alimentarius, 2009; Aparicio Ruiz et Harwood, 2013**). L'huile d'olive est la seule qui ne soit pas obtenue par raffinage mais seulement par des procédés mécaniques (**Lazzeri et Gilbert, 2007**).

I.2.2. Classification de l'huile d'olive

I.2.2.1. Huiles d'olive vierges

Sont les huiles obtenues du fruit de l'olivier (*Olea europaea L.*) uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions notamment thermiques, qui n'entraînent pas d'altération de l'huile, et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**).

L'huile d'olive vierge, en fonction de ces caractéristiques organoleptiques (saveur et odeur) et analytiques (le degré d'acidité et autres) a fait l'objet de classement et des dénominations suivantes effectuées par le **C.O.I (2019)** :

- **L'huile d'olive vierge extra** : huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,80 gramme pour 100 grammes et dont les autres caractéristiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**) ;
- **L'huile d'olive vierge** : huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 2,0 grammes pour 100 grammes et dont les autres caractéristiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**).
- **L'huile d'olive vierge courante** : huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 3,3 grammes pour 100 grammes et dont les autres caractéristiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**).

Les huiles d'olive vierges qui doivent faire l'objet d'un traitement avant leur consommation :

- **L'huile d'olive vierge lampante** est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est supérieure à 3,3 grammes pour 100 grammes et/ou dont les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie. Elle est destinée aux industries du raffinage ou à des usages techniques (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**) ;
- **L'huile d'olive raffinée** est l'huile d'olive obtenue des huiles d'olive vierges par des techniques de raffinage qui n'entraînent pas de modifications de la structure glycéridique initiale (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**). Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,30 gramme pour 100 grammes et ses autres caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie (**C.O.I, 2019**) ;
- **L'huile d'olive composée d'huile d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges** est l'huile constituée par le coupage d'huile d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges propres à la consommation en l'état. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 1,00 gramme pour 100 grammes et ses autres caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie (**C.O.I, 2019**).

I.2.2.2. Huile de grignons d'olive est l'huile obtenue par traitement aux solvants ou d'autres procédés physiques, des grignons d'olive, à l'exclusion des huiles obtenues par des procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**). Elle est commercialisée selon les dénominations et définitions ci-après :

- **L'huile de grignons d'olive brute** est l'huile de grignons d'olive dont les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie. Elle est destinée au raffinage en vue de son utilisation pour la consommation humaine ou destinée à des usages techniques (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013; C.O.I, 2019**).
- **L'huile de grignons d'olive raffinée**
Est l'huile obtenue à partir de l'huile de grignons d'olive brute par des techniques de raffinage n'entraînant pas de modifications de la structure glycéridique initiale (**Aparicio Ruiz et Harwood, 2013 ; C.O.I, 2019**). Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,30 gramme pour 100 grammes et ses autres caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie (**C.O.I, 2019**).

- **L'huile de grignons d'olive composée d'huile de grignons d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges** est l'huile constituée par le coupage d'huile de grignons d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges propres à la consommation en l'état. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 1,00 gramme pour 100 grammes et ses autres caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles prévues pour cette catégorie. Ce coupage ne peut en aucun cas être dénommé « **huile d'olive** » (C.O.I., 2019).

I.2.3. Composition chimique d'huile d'olive

L'huile d'olive est un mélange complexe de différents composés chimiques avec une fraction saponifiable pondéralement majeure constituée principalement de triacylglycérols (98%) (Fronimaki *et al.*, 2002), de faibles quantités d'acides gras libres, d'acylglycérols partiels, de phospholipides et une fraction insaponifiable mineure qui, entre autres, renferme les différents constituants responsables des propriétés antioxydantes et de l'arôme d'huile d'olive (Kiritsakis, 1998; Aparcio *et al.*, 1999).

I.2.3.1. La fraction saponifiable

▪ Les triglycérides

Les substances saponifiables sont constituées d'environ 97 à 99 % de triglycérides. Les triglycérides sont les véritables constituants des huiles d'olive vierge. Ils proviennent de l'estérification des trois fonctions alcools du glycérol par des acides gras. La présence d'une part des différents acides gras et d'autre part des trois possibilités d'estérification sur le glycérol conduit à un grand nombre de combinaisons possibles pour les triglycérides de l'huile d'olive.

Les triglycérides sont couramment désignés par trois lettres correspondant aux abréviations des acides gras qui estérifient le glycérol. Les plus importantes espèces moléculaires qui se trouvent en grande proportion dans l'huile d'olive sont la trioléine (OOO), suivie par la dioléopalmitine (POO), la dioléolinoléine (OOL), la palmitooléolinoléine (POL) et dioléostearine(SOO) (Boskou *et al.*, 2006 ; Sinha *et al.*, 2012; Ollivier *et al.*, 2014; Alu'datt *et al.*, 2017).

De plus petites quantités de dipalmitooleine (POP), palmitooléostearine (POS), oléolinoléolinoleine (OLnL), dilinoléooléine (LOL), dioléolinoléine (OLnO), dilinoléopalmitine (PLL), palmitolinoléooléine (PLnO) et trilinoléine (LLL) sont également rencontrées (Boskou *et al.*, 2006). La présence dans l'huile d'un taux élevé en triacylglycérols comportant l'acide oléique et inversement des taux faibles de triacylglycérols avec de l'acide linoléique constitue un indice favorable de l'authenticité de l'huile d'olive (Abaza *et al.*, 2002 ; Ollivier *et al.*, 2003).

Tableau I : Triglycérides les plus abondants dans l'huile d'olive extra vierge et leur Pourcentage de poids approximatif (**Boskou et al., 2006**).

Triglycérides	Pourcentage de poids (%)
OOO	40-59
POO	12-20
OOL	12.5-20
POL	5.5-7
SOO	3-7

(P = palmitique, O = oléique, S = stéarique, L = linoléique, Ln = linoléinique)

▪ Les acides gras

Les AG peuvent exister à l'état libre dans la nature. Ce sont des composés organiques à base de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Ils sont formés d'une chaîne hydrocarbonée plus ou moins longue et d'un groupe carboxyle. La composition d'huile d'olive en acides gras peut différer d'un échantillon à l'autre, selon la zone de production, la latitude, le climat, la variété et le stade de maturité de fruit (**Boskou et al., 2006**). Elle contient une forte teneur en acide gras mono-insaturés représentée par l'acide oléique de la famille oméga-9 (65 à 80 %), 15 % d'acides gras saturés et 10 % d'acides gras polyinsaturés représentés par l'acide linoléique – oméga-6 dominant et des traces de l'acide α -linoléinique oméga-3, acides gras essentiels, indispensables car non synthétisables par l'organisme humain (**Mezghache et al., 2010**). De toutes les huiles végétales, l'huile d'olive est celle qui présente le plus fort rapport acides gras mono insaturés/acides gras polyinsaturés. Cette particularité confère à l'huile d'olive une plus grande stabilité à l'auto-oxydation (**Baccouri et al., 2008; Haddam et al., 2014**).

Tableau II : Composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse (% m/m d'esters méthyliques) des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive. (C.O.I, 2019).

Acide Gras	Nomenclature	Huile d'olive
Acide myristique	C14 :0	≤ 0,03
Acide palmitique	C16 :0	7,50 - 20,00
Acide palmitoléique	C16 :1	0,30 - 3,50
Acide heptadécanoïque	C17 :0	≤0,40
Acide heptadécénoïque	C17 :1	≤0,60
Acide stéarique	C18 :0	0,50 - 5,00
Acide oléique	C18 :1	55,00 - 83,00
Acide linoléique	C18 :2	2,50 - 21,00
Acide linoléinique	C18 :3	≤1,00
Acide arachidique	C20 :0	≤0,60
Acide gadoléique (eïcosénoïque)	C20 :1	≤0,50
Acide béhénique	C22 :0	≤0,20*
Acide lignocéririque	C24 :0	≤0,20

▪ Les phosphatides

Les phosphatides ou les phospholipides sont constitués molécule de glycérol estérifiée en position 1 et 2 par des acides gras et en position 3 par un phosphate, ce dernier est lié à acide aminé ou à un sucre.

Dans les huiles végétales, on rencontre souvent les phosphoglycériques, qui sont des phosphatides dans lesquels un hydrogène libre de phosphorique est substitué par un groupe amino-alcool (Boukroune, 2018).

I.2.3.2. Fraction insaponifiable

Dénommés constituants mineurs de l'huile d'olive, ils représentent environ 2% de l'huile d'olive où on peut distinguer près de 230 composés différents (Visioli et Galli, 1998; Ramirez-Tortosa et al., 2006; Moral et Escrich, 2022).

On peut séparer ces composés en composés phénoliques, tocophérols, pigments, les alcools triterpéniques et aliphatiques, hydrocarbures, et en stérols qui ont un rôle important dans la stabilisation de l'auto-oxydation, et constituent une source alimentaire importante.

▪ Les stérols

Les stérols sont des composés tétra cycliques comportant 27 à 29 atomes de carbone. Représentent les constituants majeurs de la fraction insaponifiable de l'huile d'olive (30 à 60%) et sont présents sous forme libre (80%) et estérifiée avec les acides gras. La composition stérolique de l'huile d'olive est spécifique, elle est caractérisée par un taux particulièrement élevé en le β -sitostérol (80 à 85%), suivi du 5-Avenastérol (7%) et Campesterol (2,90 à 4%) (**Giuffrè et al., 2012**). Les teneurs en stérols de l'huile d'olive varient de 1000 à 2000 mg/Kg (**Boskou et al., 2006**). Plusieurs paramètres influencent la composition stérolique de l'huile comme par exemple, la variété et le degré de maturité des fruits, les méthodes d'extraction, de conservation de l'huile et enfin les conditions climatiques et agronomiques (**Mezghache et al., 2010**).

Sous l'angle thérapeutique, les phytostérols possèdent certaines propriétés qui les rendent très intéressant pour la santé humaine. Ainsi ils ont un impact positif dans la diminution du cholestérol total et LDL-cholestérol, contenus dans le sang du corps humain. Une dose de 3,4 g/jour est suffisante afin de réduire ces Concentrations, ce qui entrainerait une réduction des risques cardiovasculaires (**Giuffrè et al., 2012**).

▪ Les hydrocarbures

Ce sont quantitativement les principaux composants de la fraction insaponifiable. Le composant majeur est le squalène qui constitue 30 à 50 % de cette fraction. C'est un hydrocarbure polyénique dont la teneur est plus élevée que dans n'importe quelle autre huile végétale ou animale (**Henry, 2003**).

Le squalène constitue un intermédiaire important pour la synthèse biologique des stérols. Il est présent à des concentrations d'environ 200 à 7500 mg/Kg, et peut atteindre jusqu'à 12000 mg / kg (**Boskou et al., 2006**), Sa présence est considérée comme partiellement responsable des effets bénéfiques de l'huile d'olive sur la santé et de son action chimio-préventive contre certains cancers (**Rao et al., 1998**).

Il y a également des hydrocarbures aromatiques, parmi lesquels plus de 77 composés, conférant à l'huile d'olive arôme et saveur (**Jacotot, 1993; Metlef, 2021**). Ces composés ne sont pas à sous-estimer car ils ont une incidence positive sur la digestion.

▪ Les composés phénoliques

Les polyphénols sont des composés qui constituent l'une des caractéristiques de l'huile d'olive. Ils contribuent à son goût et à son arôme particulier. Ces composés phénoliques font partie des antioxydants naturels les plus importants de l'huile d'olive et contribuent pour une grande partie à la stabilité de l'huile en augmentant sa résistance à l'auto-oxydation (**Jihed et al., 2016**).

Les composés phénoliques contribuent à la bonne stabilité d'une huile de deux manières : d'une part ces composés, antioxydants naturels, vont s'oxyder préférentiellement aux acides gras insaturés ; d'autre part, on attribue aux phénols la capacité de piéger les radicaux OH (**Jihed et al., 2016**).

L'huile d'olive renferme plus de 30 composés phénoliques (**Tuck et Hayball, 2002**). La teneur de ces composés varie d'un composé à un autre. Le tyrosol et l'hydroxytyrosol et leurs dérivés sont les composés les plus importants du point de vue de leur concentration. Ils contribuent fortement au goût piquant, à l'astringence et à l'amertume des huiles (**Yang et al., 2007**).

L'huile d'olive vierge est riche en composés phénoliques appartenant à diverses familles (phénols et hydroxyphénols, acides et alcools, sécoiridoïdes, lignanes, flavonoïdes...) (**Ollivier et al., 2004**). Ils sont soit liés, ou estérifiés avec les glycosides soit à l'état libre suite à des réactions d'oxydation et d'hydrolyse au sein de ces composés au cours de la maturation du fruit, ou lors du processus de l'extraction (**Ollivier et al., 2004**).

▪ Les tocophérols

Les tocophérols sont un groupe d'antioxydants naturels que l'on trouve en pourcentage plus élevé dans les huiles végétales et qui leur confèrent une grande stabilité à l'oxydation en réagissant avec les radicaux peroxydes des acides gras (**Kiritsakis et Christie, 2003; Guclu et al., 2021**).

Les tocophérols se présentent sous quatre formes (α , β , γ et δ) qui se diffèrent entre elles par le nombre et la position des groupements méthyles fixés sur le noyau aromatique. L' α tocophérol a un rôle plutôt vitaminique, doté de le plus abandonnant représente seule 95 % des tocophérols totaux (**Burton et Ingold, 1986; Haddam et al., 2014**).

On trouve également une faible teneur en β et γ tocophérols, alors que le δ tocophérol n'est présent qu'à l'état de traces (**Haddam et al., 2014; Guclu et al., 2021**).

La teneur totale en tocophérols dans les huiles d'olive est très variable puisqu'elle a été reportée dans une gamme allant de 70 mg à 600 mg/kg d'huile (**Deiana et al., 2021**).

▪ Pigments

La couleur de l'huile d'olive est un paramètre de qualité qui dépend de sa composition en pigments (**Beltran et al., 2005**).

Sa coloration est due essentiellement à la présence de pigments colorants appartenant à la famille des caroténoïdes et chlorophylle (**Jihed et al., 2016**).

➤ La chlorophylle

L'huile d'olive contient à la fois des pigments de chlorophylle a et b. Ces pigments contiennent un atome de magnésium qui se dégrade facilement sous l'influence de la lumière, entraînant des phéophytines brunes a et b et la perte de l'atome de magnésium responsable de la teinte verte de ces composés (**Degreyt, 1998**). C'est une des raisons pour lesquelles il est conseillé de conserver l'huile d'olive à l'abri de la lumière. Sa teneur est de l'ordre de 0.1 à 1 mg pour 100 g, sa quantité peut varier en fonction de nombreux facteurs. La chlorophylle oxyde l'huile en présence de lumière alors qu'à l'obscurité elle possède une activité antioxydante (**Henry, 2003**).

➤ Les caroténoïdes

Sont des pigments largement répandus dans la nature mais à structure d'hydrocarbure. Les principaux caroténoïdes identifiés dans l'huile d'olive sont le la lutéine, β -carotène (**Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, 1996 ; Boskou et al., 2006; Boskou, 2015; Lazzerini et al., 2016**). Par ailleurs, des études récentes ont signalé la présence de néoxanthine et violaxanthine et autres xanthophylles (**Lazzerini et al., 2016 ; Martakos et al., 2019**).

Le β -carotène présente une action antioxydante par désactivation de l'oxygène activé (forme singulet) (**Giuffrida et al., 2007; Bosio et al., 2013**). De ce fait, il est considéré parmi les inhibiteurs les plus efficaces de la photo-oxydation induite par les pigments chlorophylliens (**Psomiadou et Tsimidou, 1998**). L'effet protecteur du β -carotène ne se manifeste qu'à des teneurs supérieures à 1mg par Kg d'huile, soit 1 ppm (**Velasco et Dobarganes, 2002**).

Les caroténoïdes se décomposent également au cours du stockage de l'huile, en particulier si celle-ci est exposée à la lumière. Dans ces conditions, l'huile d'olive peut devenir totalement incolore après 4 ou 5 ans (**Henry, 2003**).

▪ Alcools

➤ Les di alcools triterpéniques

Les alcools triterpéniques se trouvent dans l'huile d'olive à la concentration de 350 à 1500 mg/kg, à l'état libre ou estérifiés (**Boskou, 2015**). Les alcools triterpéniques tels que l'érythrodiol et l'uvaol sont des triterpènes pentacycliques bifonctionnels que l'on trouve en abondance dans l'épicarpe de l'olive (**Casas, 2004**), ces deux produits chimiques sont utilisés pour déterminer la pureté de l'huile d'olive (contrôle de la fraude) (**Angerosa et al., 2004**), en raison de leur relative solubilité dans l'huile, on les trouve en moindre quantité (moins de 4,5 % de la fraction stérol totale) dans les huiles sous pression, bien que leurs concentrations soient plus importantes dans les huiles préparées à l'aide de solvants (huile de grignons d'olive) (**Amelotti et Morchio Sulla, 1985; C.O.I., 2019**).

➤ Les alcools aliphatiques

Les alcools aliphatiques ont une structure de chaîne hydrocarbonée linéaire et saturée, on peut trouver dans les huiles : monoconasol (C21), diconasol (C22), triconasol (23), tétraconasol (C24), pentaconasol (C25), hexaconasol (C26), heptaconasol (C27) et octanoconasol (C28), (**Lozano-Sánchez et al., 2009**). L'huile d'olive est particulièrement dominée par ceux qui ont un nombre pair d'atomes de carbone (C22, C24, C26, C28) (**Boskou, 2015**). La détection des alcools aliphatiques est une caractéristique extrêmement utile pour l'authentification de l'huile d'olive (**Rivera et al., 2004**).

I.2.4. Technique d'extraction de l'huile d'olive

La méthode d'extraction conventionnelle comprend quatre opérations principales : nettoyage des fruits (défoliation, lavage des olives), préparation de la pâte (broyage, malaxage), séparation de la phase solide (grignons) et liquide (l'huile et l'eau de végétation), séparation de la phase liquide (huile et l'eau de végétation). La séparation des grignons du mélange huile/eaux de végétation fait appel à des systèmes de pression, de centrifugation et de percolation (**Bouchenak et al., 2018**).

L'objectif idéal de toutes méthodes d'extraction consiste à produire la plus grande quantité d'huile possible sans altération de sa qualité d'origine. Toutefois, si la qualité ne doit pas être modifiée, il est nécessaire d'utiliser uniquement des méthodes mécaniques pour extraire l'huile, en évitant les réactions chimiques et enzymatiques qui pourraient changer sa composition naturelle (**Bouchenak et al., 2018**).

▪ Le broyage des olives

Il consiste à la rupture des parois et des membranes cellulaires sous des actions mécaniques entraînant la libération des sucs cellulaires et de l'huile (**Veneziani et al., 2016; Bermúdez-Oria et al., 2021**). Les olives, elles sont broyées à l'aide d'un moulin à pierre traditionnel, le broyeur à marteaux ou à disques et de machines de dénoyautage ou de lames (**Frankel et al., 2013; Clodoveo et al., 2014; Boskou, 2015; Veneziani et al., 2016**), durant cette phase le produit obtenu est une pâte appelée « La pâte d'huile » qui est avec une masse semi-fluide composée d'une fraction solide et une autre liquide, la première représente les fragments de noyaux, la peau et la pulpe par contre la seconde correspond à l'émulsion d'huile et d'eau (**Evrard et al., 2007**).

▪ Le malaxage

Le malaxage de la pâte d'olive obtenue après le broyage est nécessaire afin d'obtenir un max de rendement car il permet d'homogénéiser et d'agiter la pâte et de briser l'émulsion huile /eau pour que les gouttelettes d'huile se fusionnent pour former des gouttes plus grosses (**Benlemlih et Ghanam, 2012; Aydar, 2018**). Cette opération se fait pendant un temps limité (20-60 min) et à

une température ne dépassant pas (15-42 °C). D'autre part, un temps de malaxage plus long, supérieur à 60 min, a apparemment affecté négativement les teneurs en phénols (**Frankel et al., 2013**).

La malaxation et le broyage sont les principales étapes qui affectent la qualité et le rendement de l'huile (**Frankel et al., 2013; Clodoveo, 2013; Clodoveo et al., 2014**).

a. Extraction par pressage

Dans le cas du pressage, les pâtes d'olives après malaxage sont disposées sur des disques en fibre synthétique tressée appelés scourtins. Ces disques sont disposés sur une presse qui, en action, va fournir une pression de l'ordre de 110 kg par cm² de pâte. Les fractions liquides s'écoulent au travers des scourtins et sont alors récupérées en bas de presse. Ces fractions liquides sont constituées essentiellement de l'eau de végétation du fruit et de l'huile d'olive (**Gharby, 2012**).

Pendant des siècles, la décantation a été simple pour récupérer l'huile. Comme l'huile est moins dense que l'eau, elle surnage à la surface et il suffit de la récupérer à la main grâce à un récipient en métal presque plat que l'on appelle la feuille. De plus en plus des centrifugeuses verticales prennent leur place. Ces dernières, sont moins encombrantes, plus rapides, et donnent un meilleur rendement (**Metlef, 2021**).

b. Extraction par centrifugation

L'extraction de l'huile par centrifugation directe de la pâte est réalisée sous l'effet de la force centrifuge (3 000 à 4 000 tr/min). Ce dernier accentue la différence entre les poids spécifiques des liquides non miscibles et du solide et permet ainsi une séparation continue et simultanée des différentes phases. Il s'agit d'un processus de transformation le plus commun et il correspond à un système d'extraction avec deux centrifugations, une horizontale puis une autre verticale. Cette dernière peut être à deux phases où il n'y aura pas l'injection d'eau ou bien il y'aura ajout de très peu d'eau. Comme aussi, elle peut être à trois phases où l'addition d'eau est indispensable (**Clodoveo et al., 2014**).

c. Extraction par percolation

Cette méthode également nommée extraction partielle ou sélective consiste à utiliser des moyens filtrants. Elle est basée sur les différentes tensions de surface de l'eau de végétation et de l'huile.

Ce système permet d'extraire l'huile des pâtes d'olive en maintenant inchangées ses propriétés qualitatives ainsi que sa teneur en composés phénoliques car le processus est réalisé sans l'ajout d'eau. Par contre, le rendement d'extraction est assez faible, mais on peut après cette première extraction par percolation, soumettre la pâte d'olive à une deuxième extraction par centrifugation (**Clodoveo et al., 2014**).

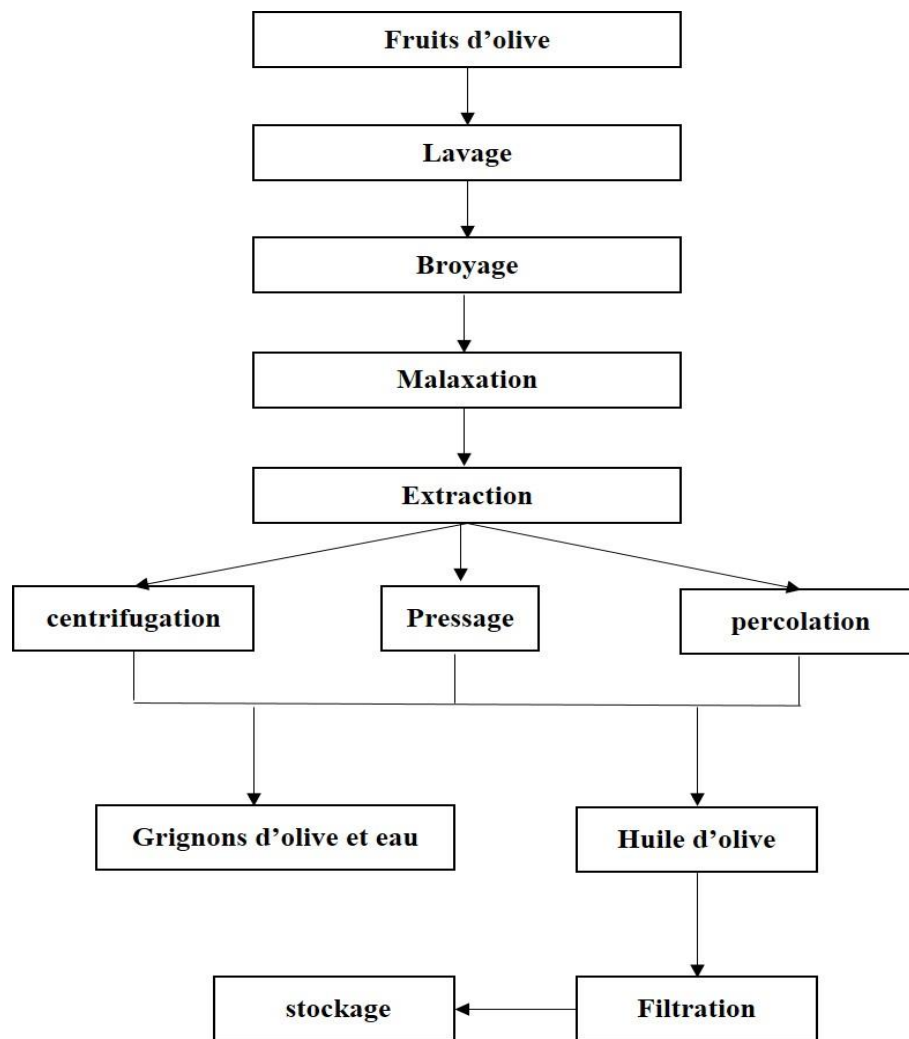


Fig 3. Organigramme de l'extraction de l'huile d'olive

Chapitre II

La qualité de l'huile d'olive et traitements technologiques des olives

II.1. Définition de la qualité

Selon la norme ISO, la qualité est définie comme l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins explicites ou implicites (Delvosalle, 2002).

De plus, la qualité d'une huile d'olive peut être définie comme l'ensemble des caractéristiques chimiques, physiques et sensorielles, permettant de classer l'huile d'olive en différentes catégories conformément aux définitions de la norme commerciale optée par le conseil oléicole international (Tanouti *et al.*, 2010).

II.2. Facteurs affectant la qualité d'huile d'olive

L'huile d'olive est un produit très polyvalent. Elle possède des vertus distinctives dans les domaines de la santé et de la nutrition (Gerber, 2016). Une altération d'huile d'olive peut en avoir lieu, à cause de l'augmentation de son acidité suite à une hydrolyse des triglycérides qui permettra la libération des acides gras. Les huiles d'olives ayant une acidité supérieure à 3.3 %, sont des huiles non comestibles, et doivent être raffinées (COI, 2019).

La qualité de l'huile d'olive est influencée par un certain nombre de facteurs. Parmi ces facteurs on note les facteurs agronomiques et environnementaux, technologiques, et génétique (Inglese *et al.*, 2011).

II.2.1. Facteurs agronomiques et environnementaux

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

La culture de l'olivier est une culture très sensible aux températures hivernales inférieures à 0 °C et même pour des températures inférieures à 10 °C qui contribuent à l'arrêt du processus de fécondation pendant la période de floraison. Ceci a pour effet le non fécondation des fleurs et la réduction de la production de l'arbre. Les hautes températures au printemps et en été provoquent la chute précoce des fruits et un ralentissement du processus de grossissement de ces derniers à cause de l'effet excessif de l'évapotranspiration. Cela a des retombées négatives sur la qualité et la quantité d'huile extraite (Ouaouich et Chimi, 2007 ; Fraga *et al.*, 2020).

Le climat a une influence importante sur la maturité des olives et donc sur la composition chimique de l'huile d'olives extraite. En outre, la lumière et la température affectent la concentration en acides gras de l'huile d'olives. On a pu démontré que la composition en acides gras insaturés, principalement en acide linoléique, augmentait avec la diminution de la température (Allalout *et al.*, 2011).

Les compositions phénoliques et volatiles sont affectées par l'altitude et la température puisque ces facteurs modifient les activités enzymatiques. Plusieurs études ont montré une quantité totale de composés phénoliques et d'o-diphénols plus élevée dans les huiles de haute altitude et de basse température, par rapport à celles de basse altitude et de haute température (**Campestre, 2017**). La modification de la composition en fonction des différentes conditions environnementales affecte les caractéristiques sensorielles : les huiles de montagne suscitent des notes fruitées, amères et piquantes plus intenses que celles provenant de fruits cultivés au niveau de la mer parfois (**Campestre, 2017**).

L'olivier pousse mal sur les sols argileux (< 40%) à cause de l'asphyxie que subissent les racines durant les saisons pluvieuses, sans oublier qu'en été, ce type de sol se caractérise par des fissures qui engendrent un dessèchement des racines et les oliviers souffrent par la suite d'un manque d'eau. Les conséquences néfastes d'un tel sol se résument en une chute importante des fruits et en un calibre réduit des olives, ce qui affecte la qualité et le rendement de l'huile extraite (**Ouaouich et Chimi, 2007**).

II.2.2. Facteurs génétiques

La variété influence principalement les caractéristiques organoleptiques de l'huile d'olive (**Mena et al., 2018 ; Hadj Sadok et al., 2018**). La production d'olive et la qualité d'huile extraite dépendent très fortement du cultivar (**Ouaouich et Chimi, 2007**).

Les cultivars d'olivier diffèrent par la charge saisonnière de la récolte, la taille des fruits, le rapport chair/noyau et le mode de maturation, ainsi que par leurs réponses adaptatives au stress hydrique et aux températures élevées pendant la croissance et la maturation des fruits. La variabilité saisonnière ou environnementale de la composition en huile d'olive d'un cultivar donné dépend de sa stabilité phénotypique (**Inglese et al., 2011**).

La variété a manifesté clairement son influence tant sur la composition en acide gras, en polyphénols, et en tocophérols. Dans une étude de la variation du contenu en acide gras, réalisée durant cinq ans avec un prélèvement sur trois époques et sur 30 variétés, ces dernières ont été responsables de la variation de 73 % du contenu en acide palmitique, de 82.6 % en acide stéarique, de 78.2 % en acide oléique, et de 77.9 % en acide linoléique alors que les différences entre années expliquent 17.3 %, 8.2 %, 11.2 % et 11.7 % de la variation des acide gras cités. L'époque de récolte explique maximum 4 % de la variation en acide palmitique (**Ghalimi, 2012**).

II.2.3. Facteurs technologiques

Comme la présence de phénols hydrophiles et de composés volatils dans l'huile d'olive extra vierge est directement liée aux activités de diverses enzymes endogènes de l'olive, leur concentration

dans l'huile est fortement affectée par les conditions d'extraction. Toutes les étapes de l'extraction mécanique peuvent influencer sa composition volatile et phénolique, mais les conditions de stockage du fruit avant l'extraction, le broyage et la malaxation peuvent être considérées comme le point le plus critique (**Inglese et al., 2011**).

Au cours de la séparation des phases avec les différents systèmes utilisés, la présence ou l'absence d'eau a une incidence sur la teneur finale de l'huile d'olive en composés phénoliques. L'augmentation de la concentration en phénols a été observée en fonction de la réduction de l'ajout d'eau utilisé pendant le processus d'extraction mécanique en vue de leur solubilité dans l'eau (**Inglese et al., 2011**). Les huiles produites par les systèmes de pression et de percolation sont plus riches en antioxydants naturels. En outre, les huiles obtenues par le système de pression présentent des caractéristiques sensorielles indésirables (odeur de ferment, odeur de moisi ...) par rapport à celles obtenues par le système de centrifugation à trois phases (**Aparicio et Luna, 2002**).

II.3. Altérations des olives lors du stockage

Au cours du stockage, les olives subissent des altérations plus au moins profondes selon la durée et les conditions du stockage. Ces altérations sont dues à l'activité enzymatique propre à la matière elle-même (lipolyse), mais également au développement microbien durant la période de stockage. Avec l'allongement de cette période, on assiste à une augmentation de l'acidité, de l'indice du peroxyde et à une détérioration des propriétés organoleptiques de l'huile (**Ouaouich et Chimi, 2007**).

Selon **Piscopo et al. (2018)**, l'acidité libre d'une huile, a été plus influencée par la température que par le temps de stockage des olives. En effet le stockage des olives à température ambiante de 1 à 6 jours a permis de produire des huiles d'olive de haute qualité (vierge extra), alors qu'il est possible de prolonger ce temps jusqu'à 12 jours à 4 °C. **Nabil et al. (2012)**, ont rapporté que Le stockage des olives à une température de 5°C a empêché l'altération rapide qui se produit dans les huiles extraites des fruits stockés à la température ambiante. Aussi il est évident que le stockage des fruits dans des boîtes en plastique ouvertes et perforées empêche l'altération rapide qui se produit dans les huiles extraites des fruits stockés dans des sacs en plastique fermés. En effet, les trous des boîtes sont très importants pour permettre la ventilation des olives, retardant ainsi les processus de fermentation dans les fruits stockés (**Jabeur et al., 2015**).

A. Facteurs d'altérations

La modification la plus importante que l'on rencontre est l'oxydation ou rancissement qui est causé par plusieurs facteurs, qui favorisent un certain nombre de phénomènes en l'occurrence la fermentation.

Selon **Loussert et Brousse (1978)**, l'altération des olives au cours de leurs stockages est causée par divers facteurs :

- **L'hydrolyse spontanée** : une forte teneur en eau du mésocarpe jointe aux phénomènes respiratoires et à la présence de micro-organismes, produit une élévation de température qui stimule la fermentation ;
- **La lipolyse enzymatique** : les enzymes propres du fruit contenu dans sa pulpe, sont à l'origine d'une altération interne. A noter que la température et l'humidité de l'environnement de stockage, conditionnent l'activité de certaines voies enzymatiques ;
- **La lipolyse microbienne** : la microflore qui accompagne l'olive est à l'origine d'une altération externe. Les micro-organismes déclenchent des réactions biochimiques qui résultent de leurs enzymes ;
- **Altération due à des ravageurs** : la biodégradation des olives commence au champ, où les plantes se trouvent exposées à l'attaque d'insectes, nématodes, de champignons phytoparasites, de virus, de rongeurs et d'oiseaux qui prélèvent un lourd tribut sur les récoltes.

L'altération se prolonge et peut même s'amplifier au cours du stockage si les conditions du milieu sont favorables au développement des micro-organismes et si des précautions ne sont pas prises. La durée de stockage des olives avant transformation doit être aussi réduite que possible, et dans tous les cas inférieure à 3 jours, car un stockage prolongé représente une cause principale de détérioration de la qualité de l'huile (**Ouaouich et Chimi, 2007**).

B. Les défauts issus de la contamination

La qualité de l'huile d'olive dépend en tout premier lieu de la qualité des olives dont elle provient. Le mauvais stockage entraîne les défauts suivants :

- **Le chaumé** : qui provient d'olives ayant fermenté avant d'être triturée (**Ouaouich et Chimi, 2007**) ;
- **Le vineux** : si les températures sont élevées, la croissance des levures peut produire une quantité considérable d'éthanol et d'acétate d'éthyle, entraînant l'apparition du défaut vineux (**Inglese, 2011**) ;
- **Le vinaigre** : provient de la production d'acide acétique par les *Acétobacter* (**Inglese, 2011**) ;

- **Le moisi** : qui, comme son nom l'indique, provient d'olives ayant moisi dans un milieu humide et chaud. *Clostridium* et *Pseudomonas* se développent, produisant aldéhydes ramifiés, alcools ramifiés et leurs acides correspondants (**Inglese, 2011**).

Si le stockage des fruits dure plusieurs jours, des moisissures peuvent se développer, généralement *Penicillium* et *Aspergillus*, dont les enzymes interfèrent avec celles de l'olivier impliqué dans la voie lipoxygénase (**Inglese, 2011**), et la production des composés d'alcools primaires et secondaires en C8 et de cétones en C8, responsables du défaut de moisi (**Campestre et al., 2017**). Certaines espèces appartenant à ce genre, en particulier *Aspergillus flavus* et *Aspergillus ochraceus* se sont montrées capables d'élaborer l'aflatoxine B1 et l'ochratoxine A (OTA) sur les olives (**Roussos et al., 2006**).

II.4. Méthodes de conservation des olives

La conservation des aliments fait référence à une variété de techniques afin d'allonger la durée de vie des aliments, notamment en contrecarrant le développement de micro-organismes pathogènes. Ils sont présentés généralement en deux techniques soit par déshydratation soit par froid, mais il existe aussi d'autres méthodes comme la conservation par sel ou le sucre (**Grogna, 2016**).

II.4.1. Conservation par déshydratation (à sec)

Cette méthode est très ancienne et offre de nombreux avantages tels que : sa simplicité, sa faible agressivité par rapport à l'aliment, son coût peu élevé (**Grogna, 2016**). Elle consiste à retirer l'eau présente dans les aliments, afin d'inhiber les micro-organismes (ou d'éviter leur développement) et stopper les réactions enzymatiques, ceci dans le but de conserver les denrées alimentaires (**Grogna, 2016**).

L'eau est le constituant le plus abondant dans les aliments, et son rôle est central en agroalimentaire. Les propriétés chimiques de l'eau expliquent la diversité des interactions possibles avec les principaux constituants alimentaires (protéines, glucides et lipides) (**Faiveley, 2012**). La complexité de ces interactions continue d'être étudiée car, pour les industriels, la maîtrise de l'eau se rapporte, non seulement à la conservation, mais aussi aux caractéristiques physiques et sensorielles de l'aliment (**Faiveley, 2012**).

Le séchage est principalement utilisé pour les produits alimentaires à haute teneur en humidité (80 %) tels que les fruits, les légumes et autres produits alimentaires considérés comme hautement périssables (**Asioli et al., 2019**). Les procédés dits classiques notamment le séchage au soleil et le séchage à l'air chaud sont les plus couramment utilisés pour les fruits et légumes (**Nguyen, 2015**), il existe aussi d'autre mode de séchage qui sont définis ci-dessous.

II.4.1.1. Techniques de séchage

A. Séchage thermique

- **Au soleil**

Le séchage au soleil s'est largement développé dans les zones arides ou semi-arides qui présentent des conditions climatiques optimales : une saison sèche avec un fort ensoleillement, une faible pluviométrie, une hygrométrie peu élevée.

Le séchage s'effectue à même le sol, sur des nattes, sur des rochers plats, ou bien sur les toits des maisons. Ce système présente deux principaux avantages pour les communautés : peu de travail et pas d'investissement. Mais, très souvent, les résultats obtenus sont médiocres car les produits sont souillés de sable et de poussière. Ils subissent les attaques des animaux, des insectes et des micro-organismes. Les pertes sont ainsi importantes. De plus, les produits s'abîment, sèchent trop ou pas assez, ce qui dégrade fortement leur qualité (Nguyen, 2015).



Fig 4. Séchage au soleil de raisins en Espagne (Nguyen, 2015).



Fig 5. Séchage solaire de fonio précuit sur table (Cruz et al., 2016).

- **Séchage à l'air libre**

Le séchage à l'air libre est réalisé dans l'ombre, avec une circulation naturelle de l'air. La température moyenne de la chambre est de 22 ± 2 °C. Le séchage est contrôlé par convection naturelle (Lahmari et al., 2012).

- **Séchage par entraînement**

Le produit à sécher est mis en contact avec un courant d'air plus ou moins chaud. L'air chaud transmet une part de sa chaleur au produit qui développe une pression partielle en eau à sa surface supérieure à la pression partielle de l'eau dans l'air utilisé pour le séchage. Cette différence de pression entraîne un transfert de matière de la surface du solide vers l'agent séchant (Taoudi, 2018).

- **Séchage par ébullition**

Le séchage par ébullition se produit lorsque le flux thermique transféré au produit est très intense à cause d'un écart de température très élevé entre la source chaude et le produit (par

conduction sur une surface chaude, séchoirs cylindres...etc.), dans toutes ces conditions la température du produit atteint un niveau tel que la pression de vapeur d'eau de ce produit est égale ou dépasse la pression totale ambiante (**Bonazzi et al., 2008**).

- **Le séchage à l'étuve**

Dans ce type de séchage, l'air chauffé est mis en contact avec le matériau humide à sécher pour faciliter le transfert de chaleur et de masse ; la convection est principalement impliquée. Deux aspects importants du transfert de masse sont le transfert de l'eau vers la surface du produit et l'élimination de la vapeur d'eau à partir de la surface.

Dans ce type de séchage, l'air chauffé est mis en contact avec le matériel humide pour faciliter la chaleur et le transfert massif ; la convection est principalement impliquée (**Nguyen, 2015**). Il faut préciser la consigne de température de l'étuve, le temps de séjour, et la taille de l'échantillon à tester. Le choix de ces deux critères (Taille et temps de séjours) doit être adapté au rapport surface/volume.

- **Le séchage par micro-onde**

L'utilisation du rayonnement micro-ondes pour traiter thermiquement des produits a vu le jour dans les années 1950-1960 avec les premiers développements technologiques issus des travaux de Percy Spencer et Raytheon. De nos jours, les applications des micro-ondes sont diverses et variées et concernent des secteurs industriels allant de l'industrie alimentaire à l'automobile par exemple. Au niveau industriel, l'enjeu principal est de réduire le temps de traitement thermique par rapport à un traitement conventionnel, ce qui implique plus de flexibilité au niveau du procédé, ainsi qu'une réduction de la consommation énergétique globale. (**Curet, 2019**). Les fréquences des micro-ondes se situent dans le domaine des fréquences allant de 300 MHz à 300 GHz ce qui correspond à une longueur d'onde de 1 millimètre à 1 mètre (**Curet, 2019**).

Le chauffage par micro-ondes se rapporte à l'utilisation d'ondes électromagnétiques afin de produire de la chaleur dans le matériel à sécher.

Le fonctionnement d'un four à microonde est simple, l'énergie électrique apportée alimente le magnétron qui convertit l'énergie électrique en champ électromagnétique et par un guide d'onde (tube rectangulaire en métal), les ondes produites sont dirigées vers l'agitateur d'onde et pénètrent dans l'enceinte métallique où se trouve l'aliment à chauffer sur une plaque tournante, ce qui permet au produit alimentaire d'être exposé aux ondes qui pénètrent l'aliment pour atteindre les molécules d'eau (**Mathavi et al., 2013**).

B. Techniques de séchage non thermique

• La lyophilisation

La lyophilisation, autrefois appelée cryodessiccation, est un procédé de séchage à froid permettant de retirer l'eau contenue dans un produit (**Dumez, 2017**).

La lyophilisation est la meilleure technique de séchage pour les produits alimentaires sensibles à la chaleur par rapport aux autres techniques de séchage conventionnelles. Pendant la lyophilisation, l'eau gelée est directement vaporisée sans former de phase liquide (sublimation). Il s'agit d'une méthode privilégiée pour le séchage des aliments contenant des composés thermosensibles et sujets à l'oxydation, car elle fonctionne à basse température et sous vide poussé (**Bhatta, 2020**).

En raison de ses particularités, la lyophilisation occupe cependant une place originale au regard des techniques de séchage. Elle permet d'obtenir des produits finaux de haute qualité. La forme et l'aspect des produits sont bien conservés, leur qualité aromatique est bien supérieure à celle des produits séchés. La transition du produit de l'état congelé à l'état déshydraté, en l'absence d'une forte proportion d'eau liquide, réduit les possibilités de développement des réactions d'altération. Un autre avantage technologique majeur de la lyophilisation repose sur la capacité du produit lyophilisé à se réhydrater instantanément (**Michèle et Frédéric, 2000**).

La lyophilisation est un processus très complexe et à plusieurs étapes qui consiste en : La congélation du produit, le plus souvent sous pression atmosphérique.

- Le séchage primaire-congélation-séchage-sublimation de la glace, le plus souvent à pression réduite.
- Le séchage secondaire - séchage par désorption - séchage du produit jusqu'à l'humidité finale requise (**Nowak et Jakubczyk, 2020**)

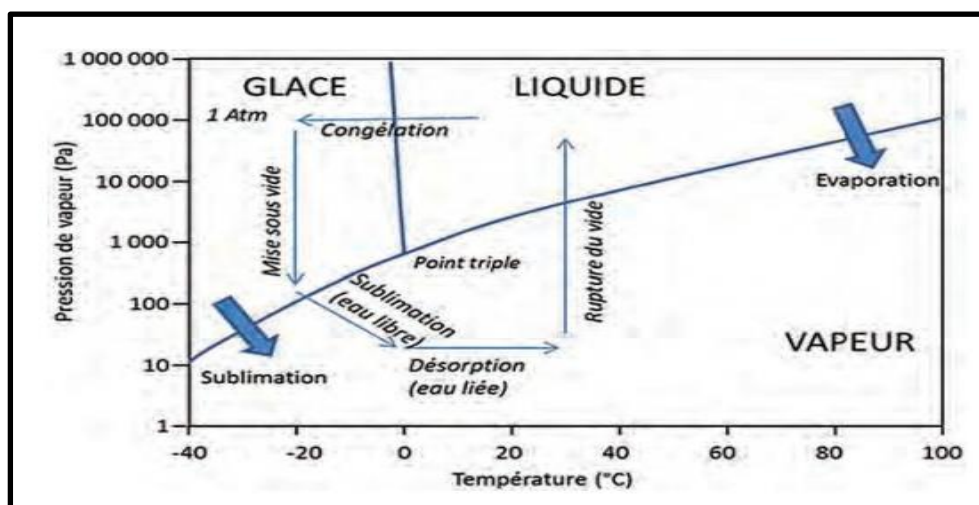


Fig 6. Diagramme de phase de l'eau et cycle de lyophilisation (**Renard, 2015**).

- **Le séchage osmotique**

La déshydratation osmotique présente un intérêt économique et nutritionnel, en effet Cette technique, économe en énergie, est susceptible de prolonger la période de disponibilité des produits alimentaires et leur confère des propriétés sensorielles nouvelles et appréciées (**Bchir et al., 2011**). Elle consiste à l'immersion d'aliments entiers ou en morceaux dans une solution hypertonique de sucre ou de sel présentant une pression osmotique élevée et une basse activité de l'eau (**Amami et al., 2009**).

La déshydratation osmotique est attribuée au phénomène d'osmose qui se manifeste à travers les membranes cellulaires « semi-perméables » (perméables à l'eau, mais moins aux solutés) des tissus. Le moteur de ce transfert est une différence de concentration entre la solution et le matériau à traiter. Il se traduit par deux écoulements simultanés à contre-courant : une diffusion de l'eau des cellules du produit (la solution la moins concentrée) vers la solution hypertonique où l'aliment est plongé (déshydratation) et une entrée de soluté de la solution vers l'aliment (imprégnation) (**Bchir et al., 2011**).

II.4.2. Conservation à froid

La méthode de conservation par le froid est devenue importante depuis l'invention et l'exploitation de la technique du froid (froid artificiel). On peut utiliser le froid comme moyen de conservation définitive mais aussi pour une conservation temporaire, par exemple pendant le transport.

L'effet de conservation par le froid est causé surtout par le freinage du métabolisme des micro-organismes. Les micro-organismes ne sont pas tués. C'est pour cette raison que le froid doit être continu. Chaque interruption (augmentation de la température) réactive les microorganismes. Tandis que les micro-organismes psychrophiles survivent encore à -5 °C, toute vie microbienne est arrêtée à des températures inférieures à -7°C.

Les autres processus de détérioration (réactions enzymatiques, chimiques, physico-chimiques) ne peuvent pas être arrêtés au-dessus de -30 °C, mais en pratique, on applique la température de -20 °C comme température finale.

Les modes de conservation qui font intervenir le froid comportent l'entreposage en chambre froide (la température est déterminée par la nature des produits), la congélation et la surgélation, cette dernière permettant aux aliments de garder leur fraîcheur initiale, grâce à diverses méthodes de refroidissement, plus ou moins rapides (**Malagié et al., 1999**).

▪ La réfrigération

La réfrigération correspond à une conservation par le froid positif pendant une durée limitée peut être efficace, la température doit ainsi être comprise entre 0°C à 4°C (**Fredot, 2005 ; Grogna, 2016**).

La réfrigération est utilisée pour la conservation des aliments périssables à court et moyen terme. La durée de conservation va de quelques jours à plusieurs semaines suivant le produit, la température, l'humidité relative et le type de conditionnement (**El atyqy, 2018**).

Il existe trois règles fondamentales à respecter dans l'application de froid :

- ✓ La réfrigération doit s'appliquer à des aliments sains au départ.
- ✓ Le refroidissement doit être fait le plus tôt possible.
- ✓ La réfrigération doit être continue tout au long de la filière de distribution : la chaîne de froid ne doit pas être interrompue (**El atyqy, 2018**).

• La congélation

La congélation est un procédé de conservation de longue durée car elle inhibe à la fois l'altération enzymatique, chimique et le développement microbien. Elle a généralement lieu à -18°C (**Fredot, 2005**).

La congélation d'une matrice biologique peut être définie comme l'abaissement de la température sous le point de congélation commençante, jusqu'à solidification d'une certaine quantité de l'eau contenue dans la matrice. Elle permet la préservation de la plupart des qualités des aliments. Son pouvoir de conservation résulte globalement de la baisse de l'activité de l'eau du fait du changement de phase eau -glace (**Tremeac, 2004**).

Il existe deux types de congélation :

• La congélation lente

Entraine au niveau des tissus une cristallisation progressive ne touchant que l'eau extracellulaire. Elle est ainsi responsable de la formation de cristaux de glace peu nombreux mais de grande taille. C'est pourquoi, cette technique peut entraîner des lésions au niveau de l'aliment .il en résulte, lors de la décongélation, des modifications de leur texture (ramollissent) et de leur capacité de rétention d'eau (ils subissent une forte exudation) (**Fredot, 2005**).

• La congélation rapide ou surgélation

Cette technique qui met en œuvre des températures plus basses que la congélation (**Murielle, 2009**). C'est une technique de refroidissement brutal (-35°C/-196°C) puis de congélation à -15°C-18°C (**Morgane, 2013**).

La surgélation exige un refroidissement rapide, le produit est soumis à une température d'environ -40 °C pour arriver rapidement à -18 °C à cœur (**Renard, 2015**). Au cours de laquelle l'eau se

crystallise aussi bien au niveau extracellulaire qu'intracellulaire : les cristaux ainsi formés sont alors petits et nombreux ce qui préserve mieux la structure du produit (**Grogna, 2016**). Lors de la décongélation, les aliments conservent ainsi leur texture initiale et perdent moins d'eau (**Fredot, 2005**).

II. 5. Impact des traitements technologiques

II.5.1. Impact du séchage

La déshydratation est la plus ancienne méthode de conservation des aliments. Elle permet d'éliminer l'eau jusqu'à ce que l'activité de l'eau soit suffisamment faible pour empêcher la croissance des microorganismes et augmenter la durée de conservation du produit (**Macias, 2013**).

La qualité des aliments séchés dépend de la méthode de séchage adoptée, des conditions opératoires et de la nature et de la qualité de la matière première. Les conditions et la durée de stockage ont également un impact non négligeable. La qualité des aliments séchés est souvent estimée à travers leur texture et leur capacité de réhydratation. Cependant, la dégradation de la composition chimique, et les pertes de couleur, saveur et arôme doivent soigneusement être contrôlées pour garantir un minimum d'impact sur la qualité du produit.

Ces phénomènes de dégradation, normalement associés à une surchauffe, se limitent dans un premier temps à un simple changement de couleur du produit. Toutefois, à une étape plus avancée, vont également affectés le goût, la capacité de réhydratation et les qualités organoleptiques. Normalement, l'effet du séchage sur la valeur nutritionnelle des aliments est tout naturellement dû au couple temps-température du traitement. Les dommages thermiques se traduisent principalement par des dégradations nutritionnelles et biochimiques (**Albitar, 2010**).

II.5.1.1. Impact sur la texture

Les facteurs qui affectent la structure des fruits et légumes déshydratés sont le type de prétraitement appliqué aux matériaux (blanchiment, épluchage, découpage, ...) ainsi que l'intensité avec laquelle il est appliqué.

La température et la vitesse de déshydratation ont une grande influence sur la texture de l'aliment et, en général, les processus plus rapides et les températures plus élevées provoquent des changements plus importants. L'eau qui migre vers la surface transporte les solutés de l'aliment, provoquant des tensions dans la structure, variables selon le type d'aliment, sa composition et les paramètres de traitement (**Guiné, 2018**).

Le séchage peut provoquer des changements dans les propriétés mécaniques, la structure, le volume, la porosité et la densité des aliments (**Guiné, 2018**).

La température élevée provoque de profondes altérations physiques et chimiques à la surface des aliments, entraînant la formation d'une couche superficielle dure et impénétrable qui maintient les aliments secs en surface mais humides à l'intérieur (Guiné, 2018). Ainsi des fissures se forment dans la structure interne (Rahman et Velez-Ruiz, 2007).

Les modifications structurelles au cours du séchage influencent la texture du produit final, en fonction du taux d'élimination de l'eau. Si un rétrécissement se produit, les parois cellulaires s'allongent (Rahman et Velez-Ruiz, 2007), comme dans les aliments séchés à l'air, une structure très dense se forme et le produit séché est plus dur (Guiné, 2018).

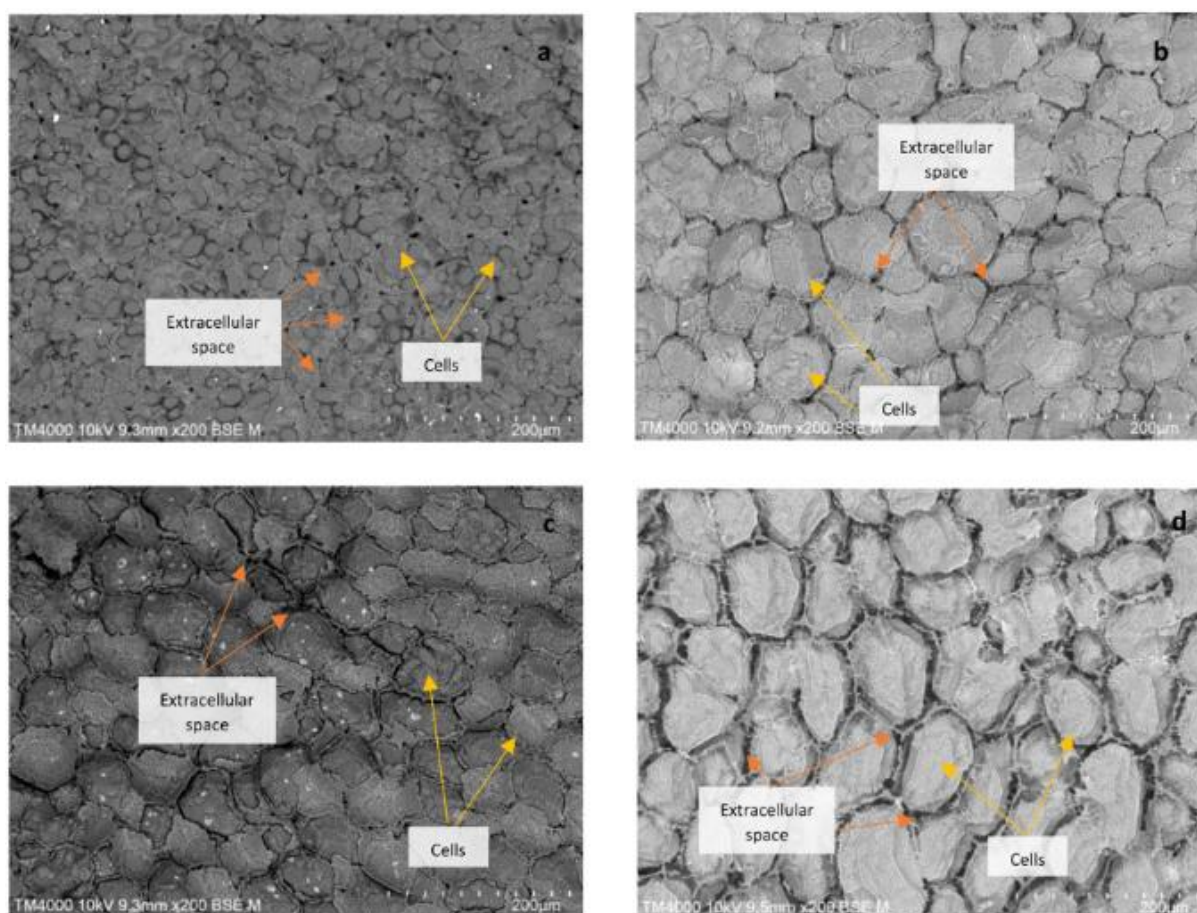


Fig 7. Micrographies SEM de haricots frais (a), séchés à l'air (b), séchés sous vide (c) et lyophilisés (d). Barre d'échelle : 200 μm (Aravindakshan et al., 2021).

II.5.1.2. Impact sur des pigments

La couleur est l'un des attributs les plus pertinents en ce qui concerne la qualité des aliments secs, car elle fait partie de leur aspect visuel et est donc, la plupart du temps, l'un des premiers critères pris en compte par les consommateurs lorsqu'ils choisissent un nouveau produit. La couleur peut changer pendant le séchage en raison de réactions chimiques et biochimiques. Les taux de ces réactions dépendent fortement des méthodes de séchage et des paramètres de traitement. La couleur des fruits, légumes, plantes aromatiques et épices est due à la présence de pigments

(caroténoïdes, chlorophylles, anthocyanes, bétalaines) qui sont sensibles à la dégradation par des réactions enzymatiques ou non-enzymatiques, induites par le séchage et se poursuivant au cours du stockage (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

Les chlorophylles et les caroténoïdes sont les principaux pigments de l'huile d'olive vierge et il a été trouvé que qu'environ 80 % et 40 % des chlorophylles et des caroténoïdes, respectivement (**Luaces et al., 2005**).

- **Les chlorophylles**

Sont des pigments verts liposolubles dont les voies de dégradation dans les systèmes alimentaires restent mal connues. La chlorophylle peut se dégrader en composés indésirables de couleur gris-brun tels que le phéophorbide ou la phéophytine. Le phéophorbide peut être métabolisé en composés incolores dans les tissus métaboliquement actifs (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

La formation de phéophytine est induite par la chaleur et les ions H⁺. La dégradation de la chlorophylle a et b en phéophytine a et b, respectivement, suit une cinétique de premier ordre et la chlorophylle a est plus sensible à la chaleur que la chlorophylle b. Pendant le traitement thermique, le magnésium de la chlorophylle est facilement remplacé par deux atomes d'hydrogène en présence d'acides doux tels que l'acide oxalique ou acétique (**Roshanak et al., 2016**).

L'étape initiale de la dégradation de la chlorophylle dans les aliments transformés est une perturbation du tissu, ce qui a pour conséquence des changements chimiques, enzymatiques et éventuellement d'expression génétique qui forment d'produits du catabolisme de la chlorophylle (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

Selon les travaux de **Dhifi et al. (2014)**, une diminution de (46 %) de la teneur en chlorophylle totale d'huile extraite des olives séchés par rayonnement infrarouge à 40°C, et de (54 %) par séchage au four à 40°C.

- **Le β -carotène**

Le b-carotène apporte non seulement de la couleur, mais aussi une capacité antioxydante, provitamine A, et quelques autres avantages pour la santé liés à sa consommation. Il peut être dégradé par thermo-oxydation, conduisant à la formation de produits incolores de faible poids moléculaire, ce qui génère des pertes de couleur et de niveaux de provitamine A. Ainsi que le développement d'arômes indésirables (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

Le b-Carotène est oxydé par l'exposition à la lumière et à l'oxygène, et a été décrit comme étant labile aux différentes techniques de séchage (convection, soleil, sous vide ou lyophilisation) (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

II.5.1.3. Impact sur les composés phénoliques

Les propriétés sanitaires des composés phénoliques ont été largement étudiées du point de vue épidémiologique en recherchant directement leur effet sur les systèmes enzymatiques et/ou leur effet sur les fonctions physiologiques. Selon l'approche consistant à attribuer une propriété sanitaire à ces composés, la fonctionnalité des aliments va dépendre de leur contenu, de leur apport et de leur biodisponibilité. La biodisponibilité de ces composés peut également être affectée par des différences dans les structures des parois cellulaires, la localisation des glycosides dans les cellules et la liaison des composés phénoliques dans la matrice alimentaire, qui sont directement liées aux conditions de séchage des fruits (**Jéssica et al., 2013**).

La température séchage des olives a un effet sur les composés phénolique totaux. Les travaux de **Badawy et al. (2020)** ont rapporté que le taux de dégradation des composés phénoliques totaux augmente avec l'augmentation de la température de séchage des olives, de sorte que la teneur en contenu phénolique total des olives séchées à 50 °C passe de 1800 à 1300 mg/100 g à la fin de séchage. Mais à 70°C, il est tombé à 1200 mg/100 (perte d'environ 33 %). En outre, la formation de composés phénoliques à des températures élevées (c'est-à-dire 90 °C) pourrait être due à la disponibilité de molécules précurseurs phénoliques par inter conversion non enzymatique entre les molécules phénoliques (**Jéssica et al., 2013**).

II.5.1.4. Impact sur la composition en acides gras

L'oxydation des lipides est initiée par la chaleur, la lumière ou les radicaux libres et les peroxydes, activée par les ions métalliques, et renforcée à des températures de déshydratation plus élevées. La teneur en eau joue également un rôle important dans la vitesse d'oxydation (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

La composition en acides peut être affectée par le séchage des olives particulièrement les acides gras insaturés (**Badawy et al., 2020**). Les nutriments liposolubles, tels que les acides gras essentiels et les vitamines A, D, E et K, se trouvent principalement dans la matière sèche des aliments et sont donc peu perdus lors du séchage (**Guiné, 2018**).

Dans toutes les techniques de séchage des olives, à l'air ambiant (24°C ±4°C), par rayonnement infrarouge à 40°C et chauffage en étuve à 40°C, le pourcentage acides gras insaturés totaux (AGIT) des huiles extraites était presque le même que celui dans l'huile des olives fraîches. De plus, les huiles des olives séchées stockées, dont la composition en acide gras a changé, ont montré une diminution constante de l'acide oléique, qui a chuté à 59,8% d'AGIT après 6 mois (**Dhifi et al. 2014**).

II.5.2. Impact de la congélation

Congélation et le stockage à l'état congelé ont un effet significatif sur la qualité des aliments. Pendant la congélation et le stockage à l'état congelé, des changements physiques et chimiques se produisent dans les systèmes alimentaires. Les changements physiques les plus courants pendant la congélation des aliments sont la modification du volume cellulaire, la dislocation de l'eau, les dommages mécaniques et les fissures de congélation. Les changements chimiques sont les réactions enzymatiques, la dénaturation des protéines, l'oxydation des lipides et la perte de vitamines. La modification de la concentration en solutés et le décroissement du contenu cellulaire pendant la congélation peut affecter la vitesse de ces réactions (**Sun, 2011**).

II.5.2.1. Impact sur la texture

Les composants de la paroi cellulaire et de la lamelle moyenne (pectines, hémicelluloses et celluloses) du tissu végétal peuvent subir des altérations chimiques ou biochimiques qui affectent la texture des fruits congelés. La taille et l'état des cristaux de glace peuvent décomposer la paroi cellulaire en favorisant les changements physiques et chimiques, et provoquer des lésions mécaniques dans la paroi cellulaire. L'eau, qui constitue 90 % du poids total de la plupart des fruits et légumes, apporte soutien et texture aux tissus végétaux grâce aux solutés dissous à l'intérieur des parois cellulaires rigides des plantes.

Au cours du processus de congélation des olives, une expansion se produit avec la formation de cristaux de glace provoquant la rupture de la paroi cellulaire et le contact conséquent entre les enzymes et les substrats par exemple, la lipase, la peroxydase, la lipoxygénase et la polyphénoloxydase agissant sur la fraction grasse et/ou biophénolique (**Masella et al., 2019; Brkić Bubola et al., 2020**).

D'autre part, la texture des aliments congelés est généralement plus molle après décongélation que celle des produits non congelés. La réduction de la fermeté des fruits lors du stockage à l'état congelé et surgelé est associée à une réduction de la fraction pectine (**Lisiewska et Kmiecik, 2000**). Alors que des vitesses de congélation rapides préservent une meilleure texture et une intégrité cellulaire élevée, des vitesses de congélation lentes produisent des dommages structurels et un ramollissement considérable. La congélation lente des tissus cellulaires peut produire des cristaux de glace extracellulaires. En conséquence, les concentrations de soluté augmentent, entraînant une déshydratation et la mort cellulaire par plasmolyse osmotique et des lésions membranaire (**Sinha et al., 2012**).

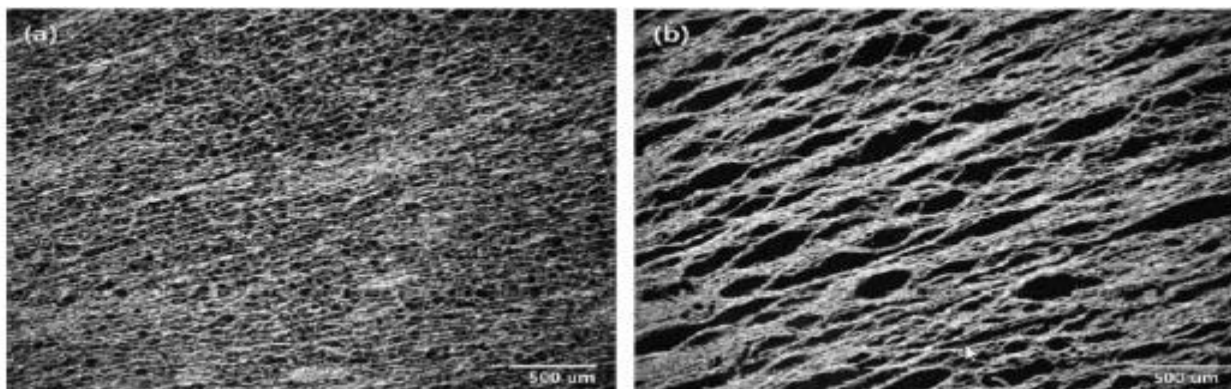


Fig 8. Images microscopiques du tissu du phloème d'un échantillon frais (a) et d'un échantillon congelé-décongelé (b) (Deng *et al.*, 2019).

II.5.2.2. Impact sur des pigments

- **Chlorophylles**

Les changements de couleur des fruits et légumes résultent de réactions chimiques, biochimiques et physicochimiques. Les principales réactions qui entraînent des changements de couleur sont la dégradation des chloroplastes et des chromoplastes, l'altération des pigments naturels (chlorophylles, caroténoïdes et anthocyanes) et la progression du brunissement enzymatique.

L'intérêt principal d'étudier leur évolution pendant le stockage au froid consiste en leur activité en tant qu'antioxydant et leur rôle clé dans la couleur de l'huile, un facteur qui influence le choix du consommateur (Plasquy *et al.*, 2021).

Kiritsakis *et al.* (1998) ont constaté que le stockage à des températures plus basses réduisait la teneur en pigments de l'huile d'olive extraites (Asheri *et al.*, 2017). Certains chercheurs ont déjà signalé que, même à des températures inférieures à la congélation, la chlorophylle se dégrade. Les facteurs susceptibles d'avoir un effet significatif sur le taux de dégradation de la chlorophylle sont la pression, la température, l'activité de l'eau et le temps (Cano *et al.*, 1993).

Selon les travaux de Brkić Bubola *et al.* (2020), la congélation des olives à -20°C pendant 7 jours a entraîné une diminution significative de la teneur en chlorophylle des huiles extraites, par rapport aux huiles des olives conservées à 4°C. Les blessures dues à la réfrigération des fruits se sont produites sous la forme d'un brunissement, ce qui a probablement influencé une diminution de la chlorophylle dans les huiles obtenues. Par conséquent, la température, la durée du blanchiment, le processus de congélation et l'acidité doivent être soigneusement contrôlés pour la préservation des chlorophylles (Sinha *et al.*, 2012).

Asheri *et al.* (2017) ont étudié l'effet de la congélation et le stockage des olives à -4°C pendant deux semaines sur la concentration de chlorophylle des huiles extraites. Ils ont rapporté que le taux

de dégradation de composé chlorophyllien total augmente au cours de stockage des olives, de sorte que sa teneur passe de 22.22 à 22.14 mg/kg après une semaine de stockage. Mais après la deuxième semaine, il est tombé à 2.06 mg/kg.

- **β -carotène**

Les caroténoïdes, de structure chimique insaturée, sont sujets à modifications dues à l'oxydation provoquée par différents facteurs tels que la température, la présence de certaines enzymes, l'humidité et la lumière (**Giovanelli et Paradiso, 2002; Amengual et al., 2011**).

Le traitement thermique, la congélation et la décongélation entraînent la désintégration des cellules, la dégradation des pigments et l'isomérisation des caroténoïdes (**Rahman et Velez-Ruiz, 2007**). Comme le lycopène et le β -carotène possèdent une longue chaîne de doubles liaisons conjuguées, ils peuvent avoir plusieurs isomères géométriques par exemple des isomères all-trans, mono-cis et poly-cis (**Qiu et al., 2009**).

Selon les travaux de **Brkić Bubola et al. (2020)**, la congélation des olives à -20°C pendant 7 jours a entraîné une augmentation de la teneur en caroténoïdes dans l'huile extraite par rapport à l'huile témoin. **Yousfi et al. (2013)** ont constaté que les caroténoïdes n'étaient pas affectés par les conditions de stockage (3°C et 18°C pendant 3 semaines) appliquées aux fruits d'Arbequina. Les chloroplastes et les chromoplastes ont une membrane fragile qui peut être brisée par le processus de congélation en raison de dommages mécaniques. Par conséquent, les chlorophylles et les caroténoïdes sont libérés et facilitent ainsi la formation de réactions d'oxydation et enzymatiques (**Sinha et al., 2012**).

II.5.2.3. Impact sur les composés phénoliques

Les principaux composés bioactifs des fruits sont les vitamines A et C, les caroténoïdes et les composés phénoliques. Ces composés confèrent des propriétés anti oxydantes aux aliments (**Gardner et al., 2000**). Les composés phénoliques ont des propriétés redox et peuvent être utilisés comme agents réducteurs, donneurs d'hydrogène, extincteurs d'oxygène singulet et chélateurs de métaux (**Subedi et al., 2014**). Dans des études antérieures, une corrélation significative entre les composés phénoliques totaux et l'activité antioxydante a été rapportée. L'activité antioxydante peut être influencée par la maturité à la récolte, la saison de maturité, les différences génétiques, les conditions environnementales avant la récolte, les conditions de stockage après la récolte et la transformation (**Connor et al., 2002**).

Les variations de la teneur en composés phénoliques pendant la conservation des olives, par exemple, sont la conséquence des activités oxydatives et hydrolytiques. En conséquence, il a été

expliqué que la diminution de la température et la disponibilité de l'oxygène sont des paramètres majeurs qui doivent être pris en compte pour réduire la perte de composés phénoliques (**Saffar Taluri et al., 2019**).

Saffar Taluri et al. (2019) ont étudié l'effet de la température de stockage pendant deux mois des olives à trois températures différents (-18 °C, 5 °C et 20 °C) sur la teneur phénolique totale des huiles extraites. Ils ont constaté que le processus de congélation avait un léger effet sur la teneur phénolique totale par rapport à d'autres températures. Selon **Hui et al. (2011)**, la congélation à long terme des légumes n'ont pas affecté l'activité de piégeage des radicaux, c'est-à-dire la capacité antioxydante, ce qui permet de conclure que la congélation des légumes est également une méthode favorable pour préserver les composés phénoliques pendant de longues périodes.

D'autres auteurs, qui ont étudié l'influence de la congélation des fruits sur les arbres en hiver, ont signalé une diminution de la concentration des composés phénoliques dans les huiles obtenues. Ils l'ont expliqué comme une conséquence des lésions dues à la congélation des fruits, qui entraînent une déshydratation des cellules et à la destruction des membranes cellulaires, et par conséquent à la mort cellulaire et à une oxydation élevée du contenu cellulaire en raison du contact entre les enzymes et leurs substrats respectifs, ce qui a pu affecter la composition phénolique des huiles (**Morelló et al., 2003 ; Brkić Bubola, et al., 2020**). Cependant, la réduction de l'amertume et du goût piquant doit être associée à une réduction significative des composés phénoliques dans l'huile, en particulier les composés sécoiridoïdes (**Morelló et al., 2003**).

II.5.2.4. Impact sur la composition en acides gras

L'oxygène est la bête noire de presque tous les aliments congelés, entraînant un rancissement oxydatif (si des lipides insaturés sont présents), une perte de couleur et l'apparition de mauvaises saveurs (**Rahman Velez-Ruiz, 2007**). Les lipides contenant des acides gras polyinsaturés et leurs esters sont facilement oxydés par l'oxygène moléculaire par un mécanisme de chaîne radicalaire appelé auto-oxydation. Les esters éthyliques d'acides gras sont étroitement liés à l'état sanitaire des fruits et leurs concentrations sont plus élevées dans les olives qui subissent des processus d'hydrolyse et de fermentation qui produisent des quantités supplémentaires d'acides gras libres et d'alcools (**Brkić Bubola et al., 2020**).

Selon l'étude de **Saffar Taluri et al. en 2019**, la réduction du taux d'humidité de l'huile produite est une grande importance dans l'industrie, plus l'humidité des olives plus élevée entraînent un transfert d'humidité plus important vers l'huile pendant le processus d'extraction. En conséquence, la température de congélation a maintenu le niveau d'humidité dans un état plus constant et a empêché l'évaporation qui favorise l'hydrolyse des acides gras ainsi que dans l'oxydation d'huile ce qui conduit au rancissement et au mauvais goût.

Dans une étude, **Asheri et al.** en **2017** ont montré que les olives stockées à -4°C pendant 1 et 3 semaines n'avaient aucun effet significatif sur la composition en acides gras de l'huile extraite.

L'acide oléique est l'acide gras le plus important de l'huile d'olive et ses qualités ont été démontrées dans la stabilité de l'huile. Les niveaux d'acide oléique n'ont pas changé de manière significative pendant le stockage.

Partie 2

Partie

expérimentale

Chapitre I
Matériel et
méthodes

L'objectif de notre travail expérimental est l'étude de l'impact de séchage par l'air libre, étuve avec ou sans blanchiment, la congélation (avec ou sans blanchiment) pendant 1 mois et 3 mois de stockage des olives sur la qualité de l'huile d'olive.

Le travail a été réalisé dans le laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Jijel.

Les différentes analyses physico-chimiques qui ont été effectuées sont comme suit :

- L'acidité ;
- L'indice de peroxyde ;
- L'absorbance en ultraviolet (k232 et k270) ;
- La teneur en composés phénoliques ;
- La teneur en chlorophylle ;
- La teneur en caroténoïdes ;
- L'indice d'amertume ;
- Activité antioxydante.
 - ✓ Piégeage du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂ scavenging activity) ;
 - ✓ Piégeage du radical libre DPPH ;
- Dosage des métaux lourds par la spectroscopie d'absorption atomique (SAA) ;
- La composition en acides gras par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) ;



I.1. Description du matériel végétal

L'étude est portée sur la variété des olives Chemlal de la région de Settara EL Milia de la wilaya de Jijel. La figure 9 montre la zone géographique de prélèvement des olives.

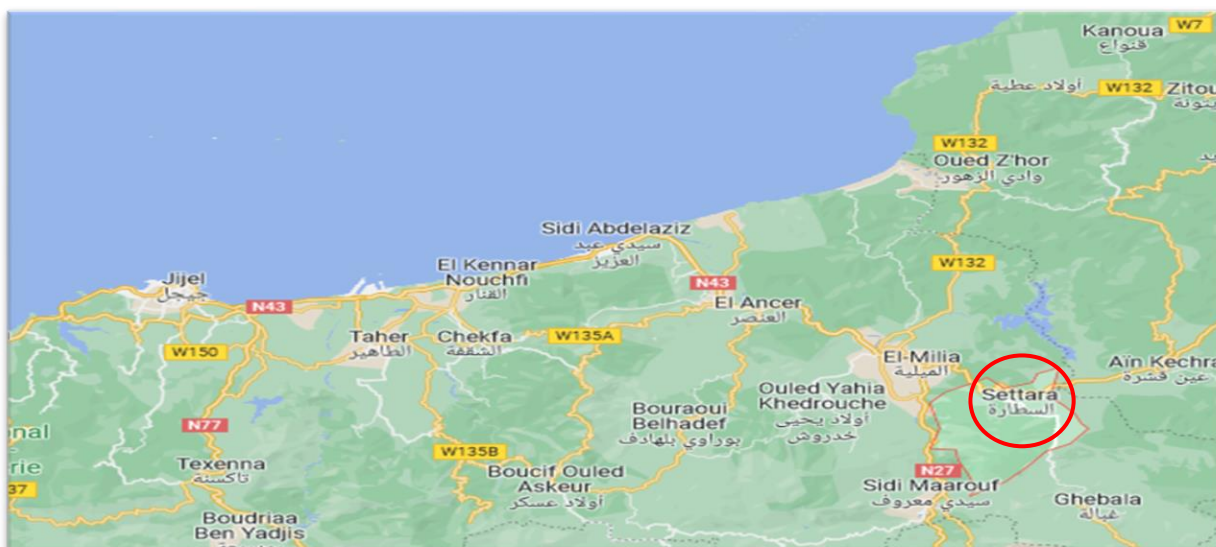


Fig 9. Géographie de zone de prélèvement des olives.

Chemlal c'est une variété d'olivier assez répandue en Algérie. Elle occupe 40% de la superficie nationale pour l'oléiculture, cultivée pour l'extraction de l'huile d'olive vierge. C'est une variété

rustique et tardive, toujours en association avec d'autres cultivars, assurant ainsi la pollinisation comme Azeradj et Sigoise. Elle a une productivité élevée presque chaque année. Le rendement en huile d'olive se situe entre 18 et 22%. Elle est plus souvent confondue à tort avec le cultivar tunisien "Chemlali" (Ghaoues et Namoune, 2021).

- **Récolte**

La récolte a été réalisée le 12 janvier 2022 à la main dans une oliveraie de la région du Jijel.

I.2. Traitement des olives

Les olives provenant d'un même arbre ont été divisés en cinq échantillons représentatifs, codés par les initiales selon le type de traitement utilisé : (A) olives séchées à l'air libre, (É) olives séchées à l'étuve, (BÉ) olives blanchies et séchées à l'étuve, (C) olives congelées, (BC) olives blanchies et congelées.

La durée du stockage des olives est fixée à 3 mois, une trituration des olives séchées a été effectuée directement après séchage, une autre trituration a été effectuée après 1 mois et une autre après 3 mois de stockage.

Pour les olives congelés, une trituration a été effectuée après 1 mois et une autre après 3 mois.

Séchage à l'air libre

Un échantillon de 6 kg d'olives (2kg pour chaque aliquote) a été lavé une première fois avec l'eau de robinet, puis une deuxième fois avec de l'eau distillée pour éliminer les impuretés, la boue, les résidus d'insecticides et autres contaminants dans des sacs en polyéthylène (plastique), ensuite séché à l'air ambiant. 2kg d'olives ont été triturées directement, et le reste est stocké dans un film plastique à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 1 mois et d'autre pendant 3 mois, pour être triturées et analysées.

Séchage à l'étuve

Un échantillon de 6 kg d'olives (2kg pour chaque aliquote) a été lavé, il est ensuite séché à l'étuve à une température de 70 °C pendant 30 heures (figure 10). 2kg d'olives ont été triturées directement, et le reste est stocké dans un film plastique à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 1 mois et d'autre pendant 3 mois, pour être triturées et analysées.



Fig 10. Les étapes de séchage des olives à l'étuve.

Blanchiment et séchage à l'étuve

Un échantillon de 6 kg d'olives (2kg pour chaque aliquote) après un lavage, a été ensuite blanchi à la vapeur d'eau à 60 °C pendant 5 min. Puis par la suite séché à l'étuve à une température de 70°C pendant 30 heures. 2kg sont triturées directement, et le reste est stocké dans un film plastique à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 1 mois et d'autre à 3 mois pour être triturées et analysées.

Congélation

Après avoir lavé les olives (2kg pour chaque aliquote), elles ont été conservées au congélateur, l'une pendant 1 mois et l'autre jusqu'à 3 mois, pour être triturées et analysées.

Blanchiment et congélation

Un échantillon de 4 kg (2kg pour chaque aliquote) d'olives après un lavage, a été ensuite blanchi à la vapeur d'eau à 60 °C pendant 5 min. puis il a été conservé au congélateur, l'une pendant 1 mois et l'autre jusqu'à 3 mois, pour être triturées et analysées.

Olives non traité (témoin)

Après avoir lavé les olives (2kg), elles ont été stockées dans un sac en plastique fermé à température ambiante pendant 1 mois, pour être triturées et analysées.

I.3. Technique d'extraction d'huile d'olive vierge

Cette étape a été effectuée au niveau de laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Jijel. Nous avons extrait l'huile au moyen d'un robot mixeur et une centrifugeuse selon les étapes suivantes :

- **Broyage** : C'est la première phase d'extraction, réalisé avec robot mixeur avec l'ajout de 100 ml d'eau qui provoque la dilacération des parois cellulaires et les membranes, jusqu'à

l'obtention d'une pâte, puis laisser reposer pendant 2 heures dans un endroit chaud (**Merouane et al., 2014**).

- **Malaxage** : la pâte est malaxée dans le même robot mixeur avec l'ajoute de 200 ml d'eau tiède avec une vitesse basse pendant 15-20 minutes. Le malaxage vise à donner à la pâte une bonne régularité et homogénéité (**Merouane et al., 2014**).
- **Extraction de l'huile d'olive** : une centrifugeuse verticale ayant une vitesse de 3600 tours /mn permet de séparer la phase liquide de la phase solide (**Merouane et al., 2014**).
- **Décantation** : L'huile est récupérée dans des bouteilles en verre opaque propres et sèches, d'un volume de 250 ml et recouverte de papier aluminium, puis ils sont conservés à 4°C jusqu'à l'analyse. Une étiquette est collée sur chaque flacon indiquant la méthode de traitement, le jour d'extraction codé par les initiales selon le type de traitement utilisé (figure 11).

Tableau III : Les abréviations des différents échantillons des huiles d'olive analysés.

Traitements Temps	Air libre	Etuve	Blanchiment et Etuve	Congélation	Blanchiment et Congélation	Non Traité (Témoin)
0	A0	E0	BE0	/	/	
1mois	A1	E1	BE1	C1	BC1	/
3 mois	A3	E3	BE3	C3	BC3	
1 mois	/					T



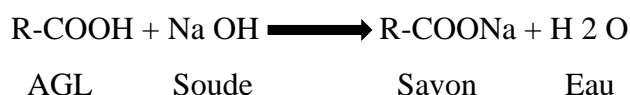
Fig 11. Les différents échantillons d'huile d'olive extraits.

I.4. Caractérisation physico-chimique des échantillons d'huile d'olive

I.4.1. Détermination des acides gras libres (AGL)

- **Principe**

Le principe de dosage des acides gras libres repose sur la neutralisation des acides gras par une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium 0.1N pour donner des savons, en présence de quelques gouttes de phénolphaléine comme indicateur coloré. L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide oléique (Angerosa *et al.*, 2006).



- **Mode opératoire**

L'acidité a été déterminée selon la méthode décrite dans le règlement CEE/2568/91. Une prise d'essai d'huile d'olives de 5g a été dissoute dans 25 ml d'un mélange d'éther diéthylique-éthanol à 95% (V/V), puis le mélange a été titré avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (0,1N) en présence de phénolphaléine, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante une dizaine de secondes. Un essai témoin (blanc) a été réalisé dans les mêmes conditions mais en omettant la prise d'essai.

- **Expression des résultants**

Selon le règlement (C.E.E. N° 2568/91) l'acidité est déterminée comme suit :

$$\text{Acidité \%} = (V - V_0) (N \times M_{\text{eq}} / 10. m)$$

M_{eq} : masse équivalente d'acide oléique = 282

N : normalité de KOH à 0.1N.

m : poids de la prise d'essai.

V : volume de KOH utilisé pour le titrage de l'échantillon.

V₀ : volume en ml de KOH nécessaire au titrage du blanc.

I.4.2. Détermination de l'indice de peroxyde

- **Principe**

L'indice de peroxyde (IP) d'un corps gras est le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif contenu dans un kilogramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode et dans de l'acide acétique et du chloroforme, est traité par une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium (Novidzro *et al.*, 2019).

Mode opératoire

2 g d'huile d'olive ont été dissoute dans 25 ml du mélange acide acétique / chloroforme (3V/2V).

1 ml d'une solution d'iodure de potassium saturée a été additionné au mélange. Ce dernier a été placé à l'obscurité pendant 5 min. Ensuite 75 ml d'eau distillée et 3 à 4 gouttes d'une solution d'empois d'amidon ont été ajoutés (une couleur violette apparaît), après agitation énergiquement pendant environ une minute. Le mélange obtenu a été titré par une solution de thiosulfate de sodium à 0,01N. Un essai témoin (sans matières grasses) a été réalisé dans les mêmes conditions (règlement (CEE) N° 2568/91).

- **Expression des résultats**

Selon le règlement (C.E.E. N° 2568/91) l'indice de peroxyde est déterminée comme suit :

$$I_p = N (V_1 - V_0) / m \cdot 1000$$

I_p : Indice de peroxyde (Meq d'O₂ / kg d'huile).

N : Normalité de Na₂S₂O₃ (N).

V_1 : Volume de Na₂S₂O₃ utilisé pour titrer l'échantillon (ml).

V_0 : Volume de Na₂S₂O₃ utilisé pour l'essai à blanc (ml).

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

I.4.3. Absorbance spécifique en rayonnement UV (Coefficients d'extinction K₂₃₂ et K₂₇₀)

L'examen spectrophotométrique dans l'UV peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse et sur son état de conservation. Les absorptions aux longueurs d'onde prévues dans la méthode (232 et 270 nm), sont dues à la présence de systèmes diéniques et triéniques conjugués respectivement (COI, 2010).

Principe

La matière grasse étudiée est dissoute dans le solvant requis, puis l'extinction de la solution est déterminée aux longueurs d'ondes prescrites, par rapport au solvant pur. Les extinctions spécifiques sont calculées à partir des lectures spectrophotométriques (COI, 2010).

Mode opératoire

Une prise d'essai de 0.1g d'huile d'olive a été ajoutée dans une fiole jaugée, avec 10 ml de cyclohexane. Puis l'ensemble a été homogénéisé par vortex. Les extinctions ont été mesurées avec un spectrophotomètre UV aux longueurs d'onde 232 et 270nm. La lecture s'est faite dans des cuves de quartz de parcours optique de 1 cm (Boulfane *et al.*, 2015).

Expression des résultats

Les valeurs spécifiques à 232 nm et 270 nm sont calculées selon la formule suivante (Boulfane *et al.*, 2015) :

$$K = A_k / C \times S$$

A_k : Absorbance à la longueur d'onde K ,

C: Concentration de la solution en g/100ml,

S: Chemain optique (1 cm)

I.4.4. Dosage des pigments

Le dosage des chlorophylles et des caroténoïdes est décrit par le protocole de **Minguez-Mosquera et al. (1991)**. Un échantillon de 7.5g d'huile a été dissout dans 25 ml du cyclohexane. Le maximum d'absorption à 670 nm et à 470 nm renseigne sur la fraction chlorophyllienne et caroténoïde respectivement. La valeur du coefficient d'extinction spécifique appliquée est $E_{0}=613$ pour le phéophytine comme composant majeur des chlorophylles et $E_{0}=2000$ pour la lutéine comme caroténoïde majeur. La teneur en pigment est déterminée par les formules suivantes :

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

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

A : absorbance ;

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

I.4.5. Détermination des polyphénols des huiles d'olive

I.4.5.1. Extraction des polyphénols

- **Principe**

La préparation des extraits a été faite par une extraction liquide-liquide, qui consiste à dissoudre l'huile d'olives dans un solvant organique et à le mélanger avec un solvant polaire pour la récupération des composés phénoliques (**Rodríguez-Juan., 2021**).

- **Mode opératoire**

Une prise d'essai de 5 g d'huile a été additionnée à 10 ml d'hexane (99%) et 10 ml du méthanol / eau (6/4, v/v), puis l'ensemble a été agité au vortex pendant 2 min, ensuite le mélange a été centrifugé à 3200 rpm pendant 5 min. La fraction polaire (phase méthanolique) a été récupérée, tandis que la phase apolaire (hexanique) a subi un épuisement (une autre extraction). Les deux fractions obtenues ont été mélangées et conservées à 4°C et à l'abri de la lumière (**Li et al., 2007**).

I.4.5.2. Dosage des composés phénoliques totaux des huiles d'olive

- **Principe**

Les composés phénoliques totaux ont été déterminés en appliquant la méthode en **1965** par **Singleton et Rossi** qui utilise le réactif Folin Ciocalteu qui est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3 P W_{12} O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3 P Mo_{12} O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène, la

coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux. La concentration en composés phénoliques totaux a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard (**Boizot et Charpentier, 2006**).

- **Mode opératoire**

Dans un tube à essai, 500 µL d'extrait est mélangé avec 2.5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 1/10). Le mélange est laissé 2 min à l'obscurité. Ensuite, 2ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (75g/L) est ajouté, et le mélange obtenu est incubé pendant 15 min à 50°C. L'absorbance est mesurée à 760 nm contre un témoin où l'extrait est remplacé par le même volume du solvant utilisé. La teneur en composés phénoliques a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage d'acide gallique et les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique par kg d'huile d'olives (**Annexe 3**) (**Georgé et al., 2005**).

I.4.6. Indice d'amertume

L'indice d'amertume (K225) est déterminé par spectrophotométrie à 225 nm selon la méthode décrite par **Gutiérrez Rosales et al. (1992)**.

- **Mode opératoire**

A partir des polyphénols extraits préalablement, l'absorbance est mesurée à 225 nm. Les résultats sont exprimés en termes d'absorbance.

II.4.7. L'activité antioxydante

II.4.7.1. Piégeage de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2 Scavenging activity)

La capacité des extraits méthanoliques d'huile d'olives à piéger le peroxyde d'hydrogène est mesurée, selon la méthode de **Ruch et al. (1989)**. 1.5ml de peroxyde d'hydrogène (40mM) préparé dans un tampon phosphate (0.1mM ; pH = 7.4) est mis en contact avec 2.5ml d'extrait. Après 10 min de réaction à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 230 nm.

$$\text{Piégeage } \text{H}_2\text{O}_2 (\%) = [(A_b - A_e) / A_b] \times 100$$

A_b : Absorbance du blanc ;

A_e : Absorbance de l'extrait ;

I.4.7.2. Piégeage du radical libre DPPH

La capacité de piégeage des radicaux libres de l'extrait contre le DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) a été réalisée en utilisant la méthode de **Aderinola et Abaire (2019)** avec de légères modifications. Un millilitre de l'extrait a été mélangé avec 1 mL de la solution méthanolique 0,4 mM du DPPH, puis le mélange a été laissé dans l'obscurité pendant 30 min avant de mesurer l'absorbance à 517 nm.

Le contrôle était constitué de méthanol à la place de l'échantillon et la capacité de piégeage des radicaux de l'échantillon a été calculée comme suit :

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

I.4.8. Dosage des métaux lourds

Pour le dosage des métaux, la technique de digestion humide (acide) a été réalisée. Le procédé d'extraction décrit par **Nnorom et Ewuzie** en **2015** consiste à ajouter à 1 g d'huile d'olive, un mélange d'acides constitué d'acide perchlorique, nitrique et sulfurique avec un volume de 1:2:2 respectivement dans une fiole conique de 250 ml et chauffer sur une plaque chauffante sous hotte aspirante jusqu'à apparition de fumées blanches. Après refroidissement, 20 ml d'eau distillée ont été ajoutés. L'échantillon a été filtré dans un flacon volumétrique de 100 ml et marqué avec de l'eau distillée.

Les échantillons ont ensuite été analysés pour le Pb et Zn en utilisant le spectrophotomètre à absorption atomique à flamme de marque SHIMADZU AA6200 Atomic Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre, au laboratoire de l'université de Jijel (Figure 12).



Fig 12. Dispositif de SAA

I.4.9. Analyse chromatographique en phase gazeuse des acides gras

Les acides gras sont analysés après transformation en esters méthyliques obtenus par transestérification des triglycérides par du potasse méthanolique (**Cicero et al., 2018**).

Les esters méthyliques d'acides gras des échantillons d'huiles d'olives sont obtenus selon la méthode standard préconisée par le **C.O.I (2001)**. A 0,1g d'huile d'olives, 2 ml d'heptane et 0,2ml du KOH méthanolique à 2N ont été ajoutés. Après agitation pendant 30 secondes, le mélange est laissé au repos jusqu'à ce que la phase supérieure de la solution devienne claire. La phase

supérieure héptanique ainsi obtenue est prélevée et conservée au congélateur jusqu'à l'analyse en CPG (Cicero *et al.* 2018).

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse est réalisée à l'aide d'un chromatographe SHIMADZU QP2010 (Figure 13), équipé d'une colonne SE 30 (25m 0.25mm, épaisseur du film : 0.25 μ m). Le gaz vecteur est l'hélium, dont le débit est de 0,7 ml/min en mode split. La température de l'injecteur est de 250°C et celle du détecteur de 270 °C. L'injection se fait en mode Split. La température du four augmente de 100°C (1min) à 165°C à un gradient de 15°C/5min, puis de 165°C à 230°C à un gradient de 4°C/min pour y rester pendant 15 min. Le spectre de masse est enregistré à l'aide d'un détecteur de type quadripôle.



Fig 13. Dispositif de CPG.

Chapitre II
Résultats et
discussion

II.1. Etude physico-chimique des huiles d'olive : impact des traitements technologiques sur la qualité physicochimique

II.1.1. Acidité libre

L'acidité d'une huile représente le pourcentage d'acides gras libres exprimé conventionnellement dans le cas de l'huile d'olive en acide oléique. Selon **Tanouti et al. (2011)**, l'acidité libre est un paramètre qui permet de contrôler le niveau de dégradation hydrolytique, enzymatique ou chimique des chaînes d'acides gras des triglycérides en acides gras libres et de glycérides partiels, suite à un mauvais traitement ou à une mauvaise conservation. Les moyennes de l'acidité exprimée en pourcentage d'acide oléique des échantillons étudiés sont illustrées par la Figure 14.

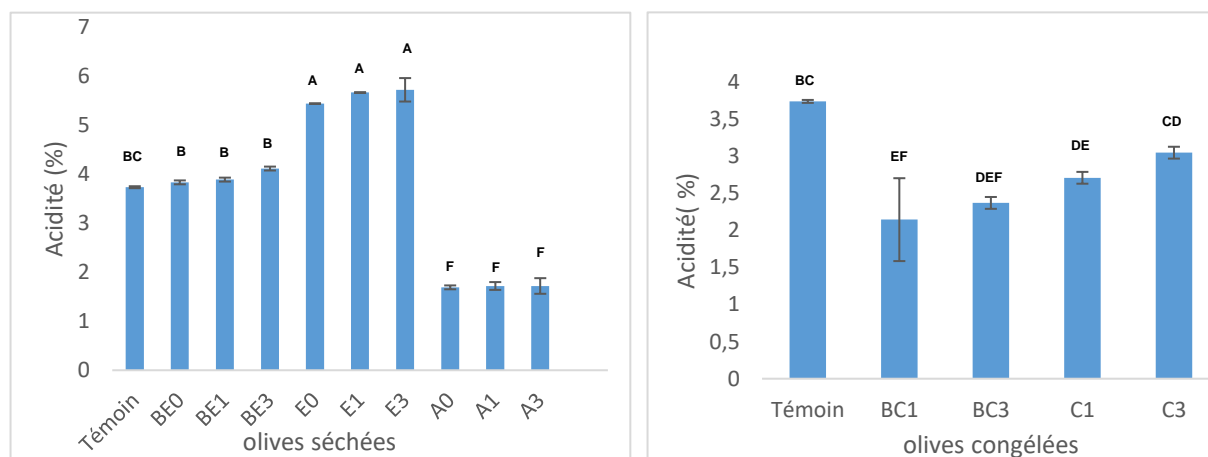


Fig 14. L'acidité libre des échantillons d'huile d'olive.

Les échantillons qui ont des lettres différentes, sont significativement différents à $p \leq 0.05$.

Il ressort des résultats obtenus dans notre étude que la durée d'entreposage des olives influence sur l'acidité de l'huile, les échantillons montrent une augmentation de cet indice chimique au fur et à mesure que la durée du stockage des olives se prolonge.

A partir des résultats obtenus, l'échantillon d'huile des olives séchées à l'air libre A0 a présenté la plus faible valeur d'acidité en comparaison avec les huiles des olives séchées à l'étuve E0 et blanchies et séchées à l'étuve BE0 (1.69, 5.44, 3.83 respectivement). Ceci peut s'expliquer par une température faible (ambiante) de séchage. Selon **badawy et al. (2020)**, l'augmentation de la température de séchage des olives entraîne une acidité élevée de l'huile extraite. L'oxydation des lipides est initiée par la chaleur, la lumière ou les radicaux libres et les peroxydes, activée par les ions métalliques, et renforcée à des températures de déshydratation plus élevées (**Bonazzi et Dumoulin, 2011**).

Par ailleurs, **Meftah et al. (2014)**, ont rapporté qu'une acidité élevée était le résultat d'une oxydation poussée, qui est traduit par un rancissement de l'huile du à la dégradation des acides gras insaturés (acide oléique et linoléique) et à la production de composés secondaires d'oxydation

dont certains ont été prouvés nuisibles à la santé (aldéhydes, cétones, radicaux libres, hydroperoxydes).

Une légère diminution pour l'huile des olives blanchies et séchées à l'étuve BE0 par rapport à l'huile des olives non blanchies E0 est également impliquée dans l'inactivation de l'oxydase (**Benlloch- Tinoco et al., 2013**).

La valeur de l'acidité E0 obtenue dans notre étude expérimentale est moins élevée que celle obtenue par **Badawy et al. (2020)**, pour les huiles des olives séchées à four à 70 °C où ils ont rapporté des valeurs de 6.51 %.

La valeur basse d'acidité d'échantillon (A0) observé par rapport à l'huile témoin, pourrait être expliquée par la ventilation des olives, retardant ainsi les processus de fermentation dans les fruits stockés (**Jabeur et al., 2015**).

Au cours du stockage, nous avons remarqué une légère augmentation d'acidité des échantillons séchés E1, E3, BE1, BE3, A1, A3. **Ryan et al. (2002)** ont indiqué que la qualité de l'huile d'olive est liée au mode et à la durée de stockage des olives avant l'extraction. De même, **Yousfi et al. (2006)** ont élucidé que l'acidité de l'huile de la variété Arbequina passe de 0,13% à 0,29 % au bout d'un mois et demi de maturation. En effet, plus le temps de stockage est long, plus l'acidité libre dans le fruit est importante, ce qui déprécie et dégrade la qualité organoleptique du produit d'extraction. D'après **Kandyliis et al. (2011)**, l'infection des fruits par des ravageurs, en particulier par des larves de la mouche d'olive, augmente l'acidité de l'huile, même lorsque l'huile est extraite immédiatement après la récolte des fruits.

Une augmentation d'acidité des huiles des olives blanchies congelées BC1, BC3 et congelées C1, C3 que le temps de stockage est long (2.14, 2.36, 2.70, 3.04 respectivement), mais elles ont moins élevées que l'huile témoin, ceci peut être dû à la cristallisation de la glace d'eau, entraînant très probablement la rupture de la structure cellulaire et le contact conséquent entre les enzymes et les substrats par exemple, la lipase, agissant sur la fraction grasse (**Masella et al., 2019**).

Les huiles des olives blanchies montrent une acidité moins élevée que les huiles des olives non blanchies ceci s'explique par l'inactivation des enzymes impliquées dans l'altération, ainsi que la réduction de la charge microbienne des produits afin d'améliorer leur conservation, de ramollir les tissus, et d'éliminer l'air intracellulaire afin de prévenir l'oxydation (**Deng et al., 2019**).

Ces valeurs d'acidité permettent de classer les échantillons d'huiles testées selon les normes fixées par **COI (2019)** comme suit :

- Huiles des olives séchées à l'air libre A0, A1, A3 (1.69, 1.72 ; 1.72 respectivement) se classent dans la catégorie « Huiles d'olive vierges » puisque la teneur en acide gras libre reste en dessous de la norme fixée par le C.O.I (2019) qui est $\leq 2\%$.
- Huiles des olives séchées à l'étuve E0, E1, E3, BE0, BE1, BE3 (5.44, 5.66, 5.72, 3.83, 3.89, 4.11 respectivement) ils se classent dans la catégorie « Huiles d'olive vierges lampantes » puisque la teneur en acide gras libre est supérieure à 3.3 %. De ce fait, **Tanouti et al. (2010)**, ont rapporté que les huiles d'olive ayant une acidité supérieure à 3.3% ne sont pas comestibles, et doivent être raffinées.
- Huiles des olives congelées C1, C3, BC1, BC3 (2.70, 3.04, 2.14, 2.36, respectivement), ils se classent dans la catégorie « Huiles d'olive vierges courantes » puisque la teneur en acide gras libre de l'échantillon analysé est inférieure à la norme fixée par le C.O.I (2019) qui est $< 3,3\%$.

II.1.2. Indice de peroxyde

Les résultats de l'indice de peroxyde sont illustrés la figure 15.

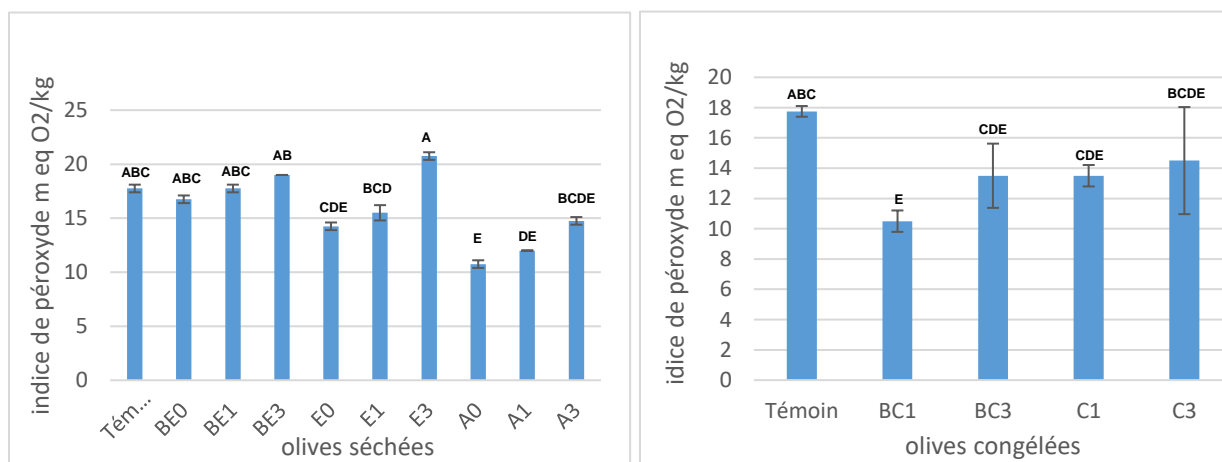


Fig 15. Indice de peroxyde des échantillons d'huile d'olive.

Les échantillons qui ont des lettres différentes, sont significativement différents à $p \leq 0.05$.

D'après les résultats obtenus, les valeurs moyennes de l'indice de peroxyde ont oscillé entre 10.75 et 20.75 m eq d'O $_2$ actif /Kg d'huile d'olive. Ces valeurs varient avec la durée du stockage et la méthode de traitement appliqué. Tous les échantillons analysés étaient conformes à la norme fixée par le C.O.I (2019), ce qui permet ainsi de classer ces huiles dans la catégorie vierge extra (IP ≤ 20), à l'exception de l'échantillon E3 qui a présenté la valeur la plus élevée (20.75 m eq O $_2$ / Kg).

Selon les résultats obtenus l'indice de peroxyde qui est relié directement à l'auto oxydation présente une évolution similaire à celle de l'acidité.

A partir des résultats obtenus, l'échantillon d'huile d'olive issue d'olives séchées à l'air libre A0 (10.75) a présenté une valeur plus basse que les échantillons d'huile d'olive issues d'olives séchées

à l'étuve (avec ou sans blanchiment) E0 et BE0 (14.25 et 16.75 respectivement). En effet, cette diminution pourrait être due à la faible production de radicaux libres qui réagissent avec les acides gras de l'huile pour former d'autant plus d'hydroperoxydes. En outre, il faut noter que l'indice de peroxyde augmente avec la maturité des olives, et surtout à la suite d'un choc thermique, consécutivement à un gel ou à un processus de fabrication défectueux.

La valeur d'indice de peroxyde d'échantillon E0 obtenue dans notre étude expérimentale est inférieure à celle trouvée par **Badawy et al. (2020)** pour les huiles des olives séchées à four à 70°C qui ont obtenu une valeur de 27.50 meq O₂/kg.

Au cours du stockage, nous avons remarqué une augmentation d'indice de peroxyde des échantillons séchés E1, E3, BE1, BE3, A1, A3 (15.5, 20.75, 17.75, 19, 12, 14.75 respectivement). Le stockage inadapté ou prolongé, est également une des causes d'augmentation de ce paramètre (**Tanouti et al., 2011**).

Les échantillons congelés C1 et blanchis congelés BC1, présentent les basses valeurs d'indice de peroxyde (13.5, 10.5 respectivement) par rapport à l'huile témoin. **Poerio et al. (2008)** ont également constaté des valeurs de peroxyde réduites dans l'huile provenant de la pâte d'olive et des fruits qui avaient été congelés. L'indice de peroxyde inférieur de l'huile provenant de fruits congelés pourrait être dû à une activité enzymatique réduite pendant le broyage-malaxage en raison de la basse température initiale (**Asheriet et al., 2017**).

L'huile des olives congelées C3 (14.5) a une valeur d'indice de peroxyde supérieure à l'huile d'olives blanchies congelées BC3 (13.4), **García-Vico et al. (2017)** soulignent que l'enzyme peroxydase, qui peut contribuer à la formation de peroxyde, est insensible à la congélation des olives.

II.1.3. Coefficient d'extinction spécifique (K232, K270)

La détermination des coefficients (K232, K270) d'absorbances dans l'ultraviolet, renseigne sur la présence ou l'absence de produits d'oxydation secondaires dans l'huile. Les hydroperoxydes des premiers stades d'oxydation absorbent à 232 nm, alors que les produits d'oxydation secondaires tels que les cétones insaturées-dicétones absorbent au voisinage de 270 nm (**Tanouti et al., 2011; Essiari et al., 2015; Bouhadi et al., 2018**). Les données recueillies pour les coefficients d'extinction spécifiques sont consignées dans les figures suivantes :

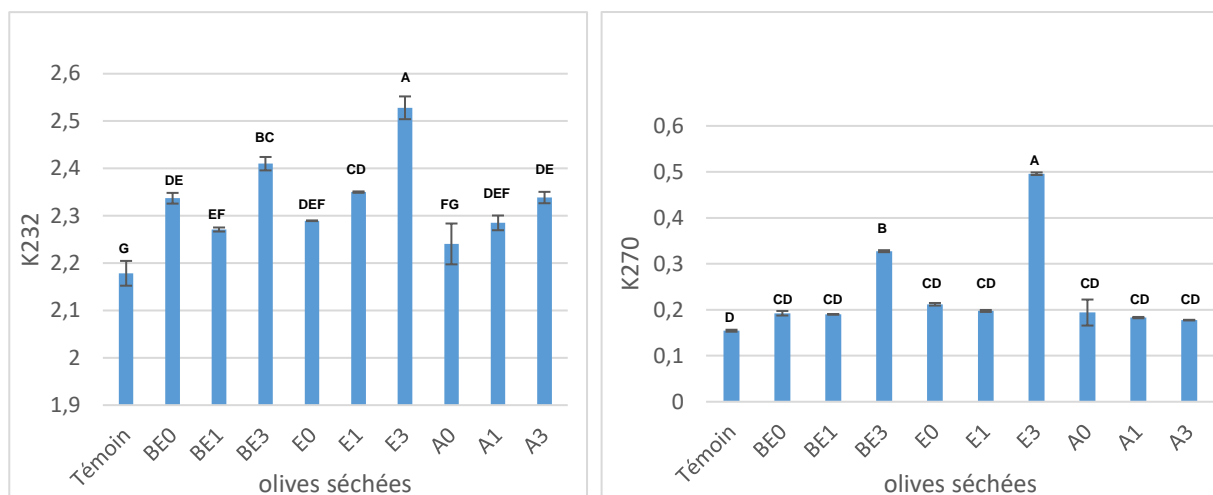


Fig 16. Absorbances en UV K232 et K270 des échantillons d'huile des olives séchées.

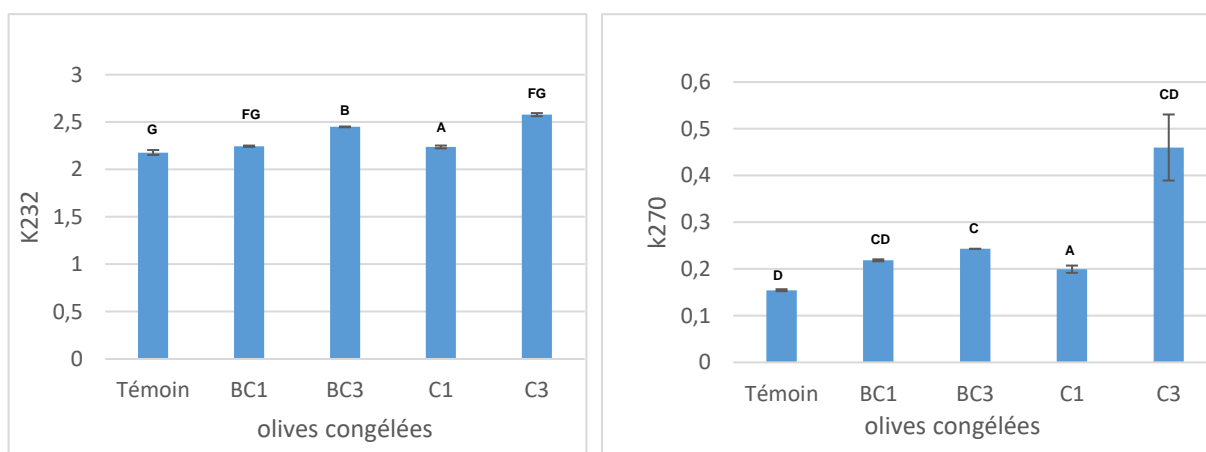


Fig 17. Absorbances en UV K232 et K270 des échantillons d'huile des olives congelées.

Les échantillons qui ont des lettres différentes, sont significativement différents à $p \leq 0.05$.

D'après les résultats (**figure 16 et 17**), On observe une augmentation de K232 et K270 au fur et à mesure que la durée du stockage des olives est plus lente.

La comparaison des valeurs moyennes des absorbances en UV des échantillons d'huile des olives séchées à l'air libre A0, à l'étuve E0, et blanchies et séchées à l'étuve BE0 montrent que le séchage à l'air libre possède des valeurs les plus faibles suivi par blanchis et séché à l'étuve. Les échantillons séchés à l'étuve possèdent les valeurs les plus élevée, ce qui implique un niveau d'oxydation élevé.

Les valeurs des extinctions spécifiques en Ultra-Violet K232 et K270 des échantillons d'huiles des olives séchées et stockées (A0, A1, A3, E0, E1, BE0, BE1), indiquent qu'elles n'excèdent pas les limites fixées par le Conseil Oléicole International(2019) pour les huiles d'olive vierges inférieures ou égales à 2,6 et 0,25. Il est a noté que ces mêmes huiles, ont présenté des valeurs d'indice de

peroxyde les moins élevés que les autres échantillons. Nous avons remarqué une augmentation progressive des extinctions spécifiques pendant le stockage, Il est difficile d'arrêter ces réactions d'oxydation, mais il est possible de les limiter en diminuant l'activité de l'eau (**Dhifi et al., 2014**). Ces résultats peuvent être reliés à la composition phénolique des huiles étudiées, qui participent au piégeage des radicaux libres et par conséquent limiter la propagation d'oxydation. De même, **Fernández-Bolaños et al. (2006)**, ont montré que, l'huile d'olives vierge présentait une bonne résistance vis-à-vis de l'oxydation à cause de sa richesse en polyphénols et principalement l'*ortho*-diphénols. Par ailleurs, **Merouane et al. (2014)**, ont rapporté qu'il y a un effet de la composition en acides gras et en caroténoïdes sur la stabilité oxydative d'une huile.

L'huile des olives séchées à l'étuve (E3), et blanchies séchées à l'étuve (BE3) stockées pendant 3 mois (0.49, 0.32 respectivement) présentent la plus grande valeur de K270, indiquent qu'elles excèdent les limites fixées par le **C.O.I (2019)** pour les huiles d'olive vierges, ce qui peut s'expliquer par la température plus élevée qui accélère les réactions oxydatives ce qui favorise l'implication des radicaux libres, suivi par une dégradation des acides gras libres insaturés sous l'action d'enzymes microbiennes. Une légère diminution pour les huiles BE3 par rapport à huile E3 est également impliquée dans l'inactivation de l'oxydase (**Benlloch- Tinoco et al., 2013**).

Les valeurs des extinctions spécifiques en Ultra-Violet K232 et K270 des échantillons d'huiles des olives congelées (BC1, BC3, C1, C3) augmentent au cour de stockage des olives. Les échantillons (BC1, BC3, C1) n'excèdent pas les limites fixées par le Conseil Oléicole International pour les huiles d'olive vierges inférieures ou égales à 2,6 et 0,25.

Selon **Ben Youcef et al. (2010)**, les valeurs basses des coefficients d'extinctions spécifiques indiquent que les olives étaient de bon état sanitaire. De même, **Meftah et al. (2014)**, ont indiqué que ce paramètre est essentiellement affecté par le matériel de la récolte, le transport et le stockage des olives.

Les valeurs de K270 obtenues montrent que l'huile (C3) présentent une extinction spécifique plus élevée que les autres huiles dépassant ainsi les limites fixées par le **C.O.I (2019)** et nous permet de déduire que cette huile est dans un état d'oxydabilité avancée car les trienes conjugués (produits secondaires d'oxydation) absorbent au voisinage de 270 nm, ils sont proportionnels au degré d'oxydation des acides gras insaturés présents dans les huiles (**Vera et al., 2019**).

II.1.4. Détermination de la teneur en pigments

II.1.4.1. Taux de la chlorophylle

La présence de la chlorophylle est visible car c'est elle qui donne la couleur verte à l'huile d'olives (**Angerosa et al., 2006**). La quantification des chlorophylles dans les échantillons d'huiles analysées a donné les résultats illustrés sur la Figure 18.

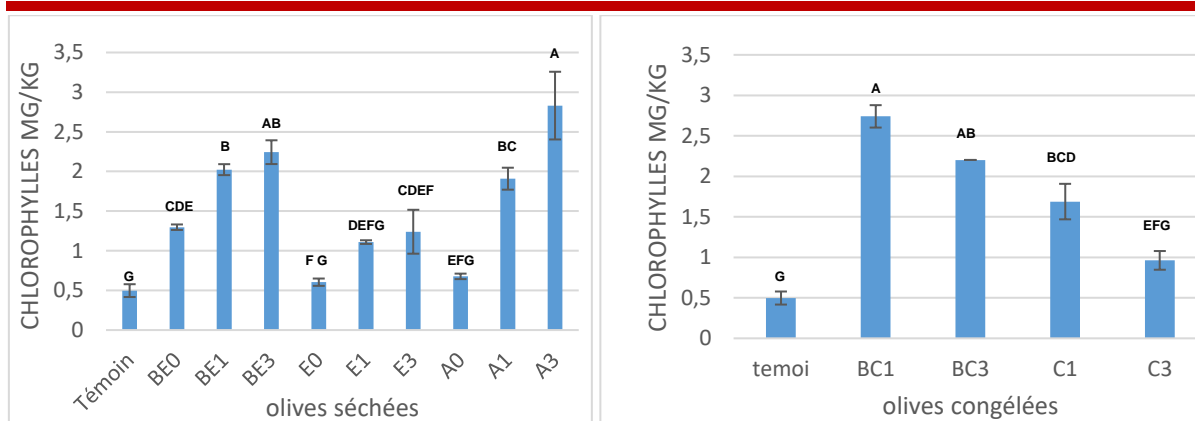


Fig 18. Teneur en chlorophylles des échantillons d'huile d'olive.

Les échantillons qui ont des lettres différentes, sont significativement différents à $p \leq 0,05$.

L'échantillon d'huile des olives séchées à l'air libre A0 (0,67) présente des teneurs élevées en chlorophylle par rapport à l'huile témoin (0,49). Selon **Dhifi et al. (2014)**, la température des fruits dans le broyeur est le seul facteur responsable de cet effet et l'implication de l'activité lipoxygénase dans la dégradation des pigments pourrait être envisagée. Une augmentation de la quantité de composés chlorophylliens, tels que les chlorophylles a et b et les phéophytines a et b après un traitement thermique des olives a été également rapporté. Par exemple, le contenu en chlorophylle a augmenté de 2,0 à 7,7 fois par rapport à la quantité trouvée dans l'huile d'olive témoin (**Luaces et al., 2005; Dhifi et al., 2014**).

Les olives séchées à l'air libre A0 (0,67) ont donné l'huile la plus pigmentée que l'huile issue des olives séchées à l'étuve E0 (0,60), ce qui pourrait être le résultat de la déshydratation du fruit qui facilite la migration de ces pigments hors des cellules de la pulpe (**Dhifi et al., 2014**). Ce résultat était en accord avec celui de **Rocha et al. (1993)** concernant le séchage du basilic. Il est évident que 40°C ou une température inférieure peut être recommandée comme température de l'air pour le séchage du basilic, car elle a donné le produit ayant la plus haute teneur en chlorophylle a par rapport à celle du basilic séché à 60°C.

Par contre le blanchiment des olives avant le séchage à l'étuve BE0 (1,29) permet de conserver mieux ces pigments, ceci peut s'expliquer par l'inactivation des enzymes responsables de la dégradation de ces pigments. Selon l'étude de **Rocha et al. (1993)** concernant le séchage du basilic, la conservation de la chlorophylle a dans les échantillons blanchis séchés à 60°C était meilleure que celle des échantillons non blanchis séchés à 40°C.

Une augmentation de la teneur en chlorophylles au fur et à mesure que la durée du stockage des olives est plus longue, ceci pourrait être due à la facilité d'extraction des chlorophylles au cours de stockage. Selon l'étude de **Dhifi et al. (2014)**, les niveaux de chlorophylle dans les olives séchées au four à 40°C et stockées pendant 3 mois sont restés les mêmes, ce qui suggère qu'elles n'ont

subi aucune détérioration. En fait, elle pourrait être liée à la conservation dans l'obscurité pour une meilleure conservation de ces pigments.

Le stockage des olives congelées (avec et sans blanchiment) pendant 1 mois (BC1, C1 respectivement) présentent des valeurs élevées en chlorophylle par rapport à l'huile témoin. Selon **Saffar Taluri et al. (2019)**, une diminution importante de chlorophylle est influencée à 20 °C que le stockage des olives à -18 °C, étant donné que la plupart des activités enzymatiques et chimiques sont arrêtées à cette température. En outre, la texture des aliments congelés est généralement plus molle après décongélation que celle des produits non congelés. La réduction de la fermeté des fruits lors du stockage à l'état congelé et surgelé est associée à une réduction de la fraction pectine (**Lisiewska et Kmiecik, 2000**), ce qui peut faciliter la libération de ces pigments dans l'huile d'olive.

Une diminution de la teneur en chlorophylles au fur et à mesure que la durée du stockage des olives est plus longue (C3, BC3). Selon **Brkić Bubola et al. (2020)**, les blessures dues à la congélation des fruits (-20) se sont produites sous la forme d'un brunissement, ce qui a probablement influencé une diminution de la chlorophylle dans les huiles obtenues. Selon les travaux de **Cano et al. (1993)**, la congélation et le stockage de tranches de kiwi à -20°C pendant 10 mois a réduit la concentration de chlorophylle à une valeur de 40 à 49 %.

Les facteurs susceptibles d'avoir un effet significatif sur le taux de dégradation de la chlorophylle sont la pression, la température, l'activité de l'eau et le temps (**Cano et al., 1993**).

II.1.4.2. Taux de caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des substances chimiques naturelles impliquées dans les mécanismes d'oxydation des huiles. Leur présence en quantité suffisante dans l'huile permet de retarder la photo-oxydation et de préserver les paramètres de qualité de l'huile pendant le stockage (**Touati et al., 2022**). Le taux de caroténoïdes des échantillons étudiés, est représenté par la Figure 19.

Les valeurs de la teneur en caroténoïdes obtenues d'huile des olives séchées à l'air libre (A0) sont supérieures à huile témoin. Selon l'étude de **Luaces et al. (2005)**, les teneurs en lutéine et en β carotène ont augmenté suite aux traitements thermiques des olives. La teneur en lutéine a été multipliée par au moins 2,2 par rapport à l'huile d'olive témoin.

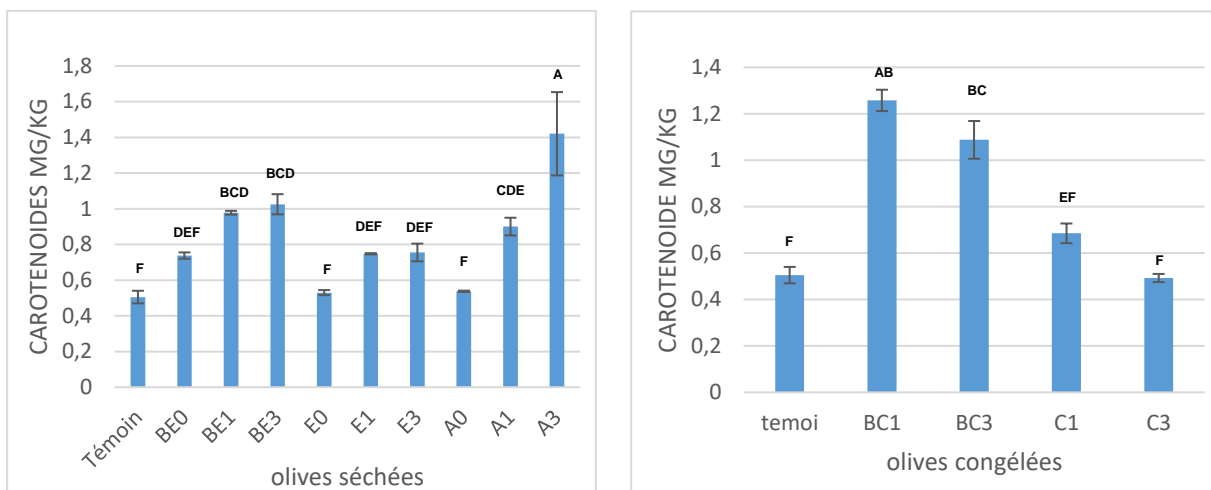


Fig 19. Teneur en caroténoïdes des échantillons d'huile d'olive.

Les échantillons qui ont des lettres différentes, sont significativement différents à $p \leq 0.05$.

Au cours du stockage des olives séchées (BE1, BE3, E1, E3, A1, A3), la teneur en caroténoïdes augmente. Ceci peut s'expliquer par la conservation dans l'obscurité pour une meilleure conservation de ces pigments.

Les valeurs de la teneur en caroténoïdes obtenues d'huile des olives congelées pendant 1 mois (C1, BC1) sont supérieures à huile témoin. **Yousfi et al. (2013)** ont constaté que les caroténoïdes n'étaient pas affectés par les conditions de stockage (3 °C et 18 °C pendant 3 semaines) appliquées aux fruits *d'Arbequina*. L'augmentation de la teneur en caroténoïdes des olives congelées pourrait être liée à une diminution de la consistance de la paroi du chloroplaste causée par la basse température de stockage qui facilite la libération de ces pigments dans l'huile d'olive (**Brkić Bubola et al., 2020**).

Une diminution de la teneur en caroténoïdes au fur et à mesure que la durée du stockage des olives est plus lente (C3, BC3). **Morello et al. (2003)** ont constaté une diminution de la concentration en chlorophylle et en caroténoïdes des huiles obtenues à partir d'olives givrées. Ces auteurs ont suggéré que cela pouvait être dû à l'implication de la chlorophyllase et de la lipoxygénase.

II.1.5. Composés phénoliques totaux

Les phénols fournissent de nombreux aspects pour la santé. Ce sont des composés antioxydants importants conçu pour protéger l'huile contre l'auto-oxydation et les radicaux oxygène. Les composés phénoliques sont responsables de la qualité nutritionnelle et sensorielle de l'huile d'olive vierge extra. Ils sont reconnus pour leurs propriétés biologiques multiples, offrant des bienfaits antioxydants, anti-inflammatoires, chimiopréventifs et

anticancéreux, ainsi que leur goût piquant et amer caractéristique (**Bendini et al., 2007; Tanouti et al., 2011**).

La Figure 20 montre la variation des teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons étudiés exprimées en mg équivalent d'acide gallique par kilogramme d'huile d'olives (mg EAG/Kg). Les résultats obtenus montrent que les huiles d'olive étudiées renferment une quantité appréciable de composés phénoliques. Cette quantité oscille entre 53.65 et 40.66 mg EAG/Kg.

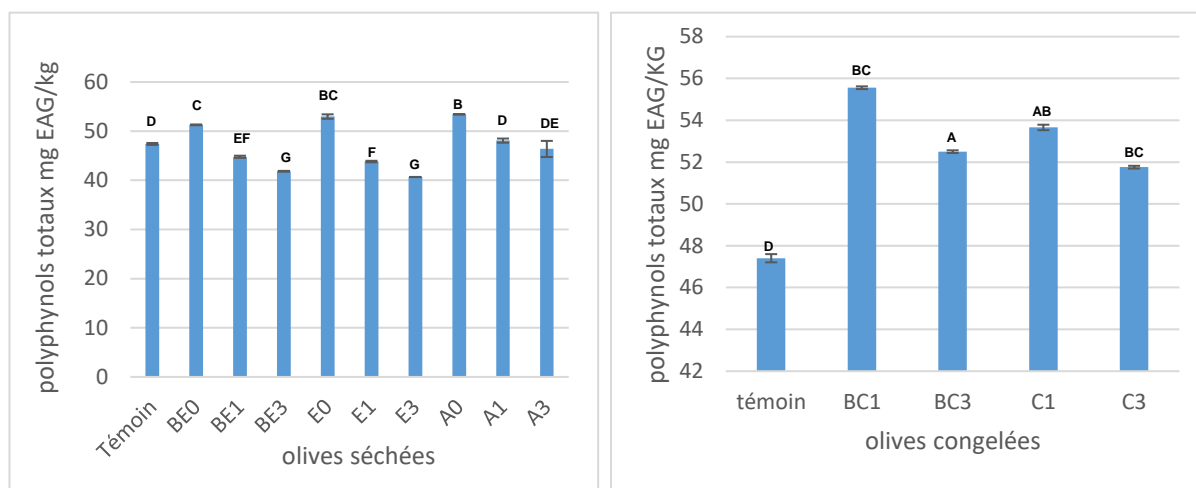


Fig 20. Teneur en polyphénols des échantillons d'huile d'olive.

Les échantillons qui ont des lettres différentes, sont significativement différents à $p \leq 0.05$.

D'après **Nowak et al. (2021)**, les huiles d'olives peuvent être classées selon leurs teneurs en polyphénols totaux :

- Variétés à faible teneur en polyphénols totaux 50-200 mg/kg
- Variétés à teneur moyenne en polyphénols totaux 200-500 mg/kg
- Variétés à teneur élevée en polyphénols totaux 500-1000 mg/kg.

Cette classification permet de classer nos échantillons dans la catégorie des « huiles à teneur faible en polyphénols ». Ces faibles teneurs sont probablement liés à la couleur noire des olives qui exprime une forte maturation.

Ranalli et al. (1999) ont démontré que plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en composés phénoliques dans l'huile d'olive tels que la maturation d'olive, la variation saisonnière, le facteur environnemental, la diversité intra variétale de l'olivier et la méthode d'extraction. Et d'après **Khdaïr et al. (2015)**, la dilution de la pâte provoque un effet de lessivage des substances phénoliques.

L'échantillon d'huile des olives séchées à l'air libre A0 présente une teneur élevée en polyphénols par rapport à l'huile témoin. La diminution accélérée du contenu phénolique total des olives d'huile

témoin pourrait être due à l'activité métabolique supérieure de la population plus élevée de levures, soit par la production d'acidité par la lipolyse des triglycérides ou par la biodégradation des phénols.

L'huile des olives séchées à l'air libre (A0) présente une teneur élevée en polyphénols que l'huile des olives séchées à l'étuve (E0, BE0), ce qui peut s'expliquer par la température plus basse. **Badawy et al. (2020)** ont étudié l'effet de la température de séchage des olives sur les composés phénoliques totaux. Ils ont rapporté qu'une augmentation de la température de séchage a eu un effet important sur le contenu phénolique total, conduisant à une réduction notable de ces composants, surtout à des températures élevées (par exemple 50, 60 et 70 °C).

Selon **Mrad et al. (2012)**, une diminution des composés phénoliques pendant le séchage peut également être attribuée à la liaison des polyphénols avec d'autres composés (protéines) ou à des altérations de la structure chimique des polyphénols.

La teneur en polyphénol total, diminue progressivement au cours de stockage des olives séchées (A1, A3, BE1, BE3, E1, E3), ceci peut être attribuée à l'oxydation enzymatique des composés phénoliques par les polyphénoloxydases, qui sont thermostables et peuvent ne pas être complètement inactivées par le séchage, et/ou à une activité non enzymatique. De plus, la dégradation oxydative des composés phénoliques par des micro-organismes mésophiles, principalement des bactéries du genre *Pseudomonas* et d'autres bactéries du sol peut également se produire (**Mantzouridou et Tsimidou, 2011**).

En outre, les échantillons blanchis et séchés à l'étuve (BE1, BE3) ont montré une légère diminution au cours de stockage des olives par rapport aux olives séchées à l'étuve (E1, E3) respectivement, ce qui peut s'expliquer par l'inactivation des PPO. Un blanchiment à la vapeur de 3 min a donné de faibles activités de 1,71% de PPO (**Ndiaye et al. 2009**).

Les échantillons congelés (C1, C3) présentent une diminution en composés phénoliques au cours du stockage des olives. La principale raison de ce phénomène semble être la rupture de la structure cellulaire induite par la cristallisation de la glace, et la libération consécutive d'enzymes et de substrats qui étaient auparavant compartimentés (**Masella et al. 2019**).

Les échantillons blanchis et congelés (BC1, BC3) présentent une légère diminution en composés phénoliques au cours du stockage des olives, ceci peut s'expliquer par l'inhibition des enzymes impliquées dans la dégradation des polyphénols. **García-Vico et al. (2017)** ont montré que les principales enzymes impliquées dans le façonnement du profil biophénolique de l'huile (c'est-à-dire la bêta-glucosidase, la PPO et la POD) ont une sensibilité différente à la congélation, et la POD étant la plus résistante.

II.1.6. Indice d'amertume

L'amertume, le piquant et l'astringence sont des attributs sensoriels des huiles d'olive extra vierge, souvent liés positivement à la présence de composés phénoliques dans le milieu (**Favati et al., 2013**). Les résultats de l'indice d'amertume sont représentés par la Figure 21.

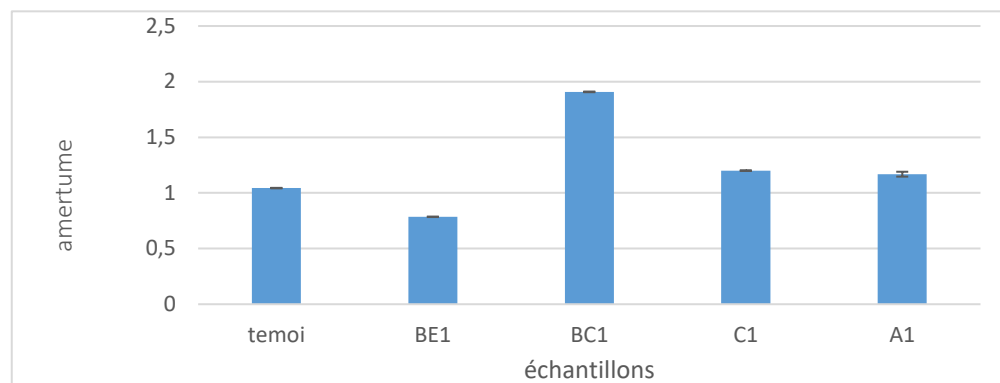


Fig 21. Le taux d'amertume des échantillons d'huile d'olive.

D'après les résultats obtenus, l'huile des olives congelées (C1), blanchies et congelées (BC1) s'avèrent être plus amère que les autres (1.20, 1.90 respectivement). Tandis que, l'huile des olives séchées à l'air libre (A1) (1.16) a un indice d'amertume élevé que l'huile des olives blanchies et séchées à l'étuve (BE1) (0.78).

L'analyse de ces résultats indique que les degrés d'amertume des huiles des olives congelées (C1, BC1) sont légèrement supérieurs à celles des huiles des olives séchées (A1, BE1) quel que soit la méthode de séchage. En outre, le degré d'amertume suit le même ordre que celui des teneurs en polyphénol totaux. Selon **Morello et al. (2004)**, **Favati et al. (2013)**, **Abenoza et al. (2019)**, **Zullo et al. (2020)**, et **Cui et al. (2021)** l'amertume de l'huile d'olives est corrélée directement avec la teneur en composés phénoliques. Le degré d'amertume est lié à l'activité de certaines enzymes telles que les glucosidases et les estérases responsables de l'hydrolyse de l'oleuropéine et la production de dérivés comme l'hydroxytyrosol durant l'extraction de l'huile d'olives, et qui augmente aussi au cours de la maturation des olives (**Baccouri et al., 2008**).

II.1.7. L'activité antioxydante

II.1.7.1 Piégeage de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂ Scavenging activity)

Les résultats du taux d'inhibition du peroxyde d'hydrogène des extraits étudiés sont illustrés dans la figure 22.

Chaque échantillon présente un pourcentage d'activité antioxydante spécifique dont la valeur la plus importante est enregistrée avec l'extrait de l'échantillon C1 (93.65%), suivi par l'extrait de l'échantillon BC1, puis A1 respectivement (92.99 % et 88.53 %), alors que les échantillons de

témoin et BE1 ont donné des pourcentages inférieurs que ceux des échantillons précédents (83.43 et 76.95% respectivement).

Les composés phénoliques agissent comme donneurs d'électrons. Ils entraînent la décomposition du peroxyde d'hydrogène en H₂O (Wang *et al.*, 2007).

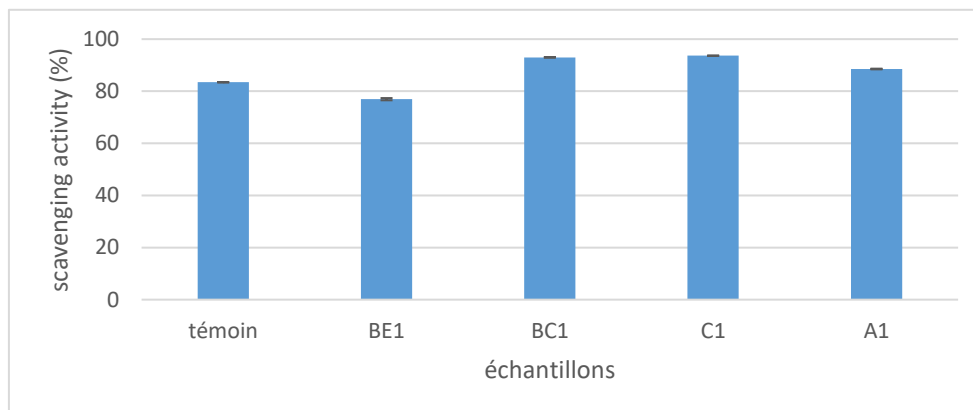


Fig 22. *Activité du piégeage de peroxyde d'hydrogène des extraits d'huile d'olive.*

Tous les échantillons ayant un taux d'inhibition de H₂O₂ dépassant 70%. Cela peut s'expliquer par la qualité des polyphénols présents dans ces échantillons.

La faible activité d'inhibition de peroxyde d'hydrogène enregistrée par l'extrait de l'échantillon BE1 peut être due en plus de leur faible teneur en composés phénoliques à leur oxydation.

II.1.7.2. Activité anti-radicalaire (DPPH Scavenging activity)

La neutralisation du radical DPPH• est utilisée afin d'évaluer la capacité antioxydante des composés naturels. Les molécules anti-oxydantes peuvent neutraliser les radicaux libres DPPH• et les convertir en d'autres composés plus stables, ce qui induit une diminution de l'absorbance à 517 nm (Baliyan *et al.*, 2022).

Les résultats de l'activité antiradicalaire des échantillons étudiés sont illustrés dans la Figure 23. Chaque échantillon présente un pourcentage d'activité antioxydante spécifique dont la valeur la plus élevée est enregistrées avec l'échantillon BC1 (77.34 %), suivi par l'extrait de l'échantillon C1 puis A1 respectivement (77.11 % et 74.94 %), alors que les échantillons T et BE1 ont donné des pourcentages inférieurs que ceux des échantillons précédents (73.79 % et 72.99 %).

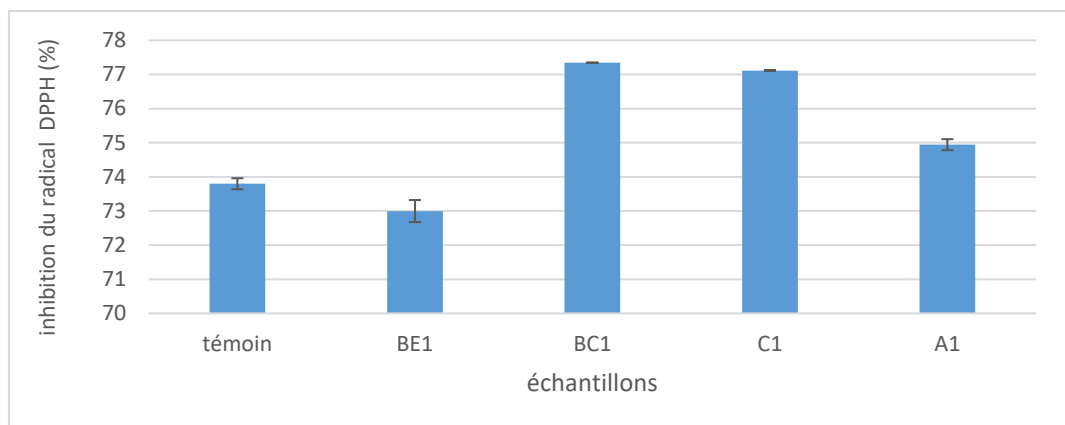


Fig 23. *Activité Scavenging sur le radical DPPH• des extraits d'huile d'olive.*

L'analyse de ces résultats indique que la capacité anti radicalaire des huiles d'olives congelées (C1, BC1) sont légèrement supérieures à celles des huiles des olives séchées (A1, BE1) quel que soit la méthode de séchage. Ceux-ci peuvent être attribués aux variations quantitatives des composés phénoliques. Les extraits d'huiles riches en composés phénoliques totaux présentent les meilleurs pouvoirs réducteurs.

Condelli et al. (2013) ont révélé que les différences observées sont essentiellement dues aux profils phénoliques. Une position ortho augmente la stabilité de ces composés grâce à leur capacité à former une liaison hydrogène intramoléculaire entre l'hydrogène libre de leurs radicaux phénoxyles lors d'une action antioxydante (**Laincer et al., 2014**).

Huaung et al. (2020) ont annoncé que les concentrations les plus élevées de polyphénols totaux, de flavonoïdes et l'activité antioxydante la plus importante ont été trouvées dans des huiles d'olive pauvre en oleuropéine.

L'ensemble des résultats obtenus sont proches de ceux trouvés par **Nakbi et al. (2010)** pour les huiles d'olive des variétés tunisiennes ou ils avaient enregistré des valeurs entre 37,23% et 78,56%. Généralement, les polyphénols avec un nombre élevé de groupements hydroxyles présentent l'activité anti-oxydante la plus élevée due à leur capacité de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (**Rodriguez-Bernaldo de Quirös et al., 2009**).

II.1.8. Métaux lourds

Le dosage des métaux lourds dans les huiles végétales est le plus souvent réalisé par absorption atomique, après digestion acide. Les principaux facteurs influant sur la présence de contaminants dans une huile végétale sont différents d'une étape à l'autre du procédé de transformation. Ainsi, au niveau de la culture, l'environnement, la protection des cultures et les conditions climatiques ont un effet direct sur la présence potentielle de métaux lourds tels que le plomb ou le cadmium

(**Lacoste et al., 2005**). Ils sont essentiellement retrouvés au niveau de la partie protéinique des graines oléagineuses et très peu dans l'huile d'olive (**Lacoste et al., 2004**).

Les résultats des analyses sont groupés dans le tableau IV.

Concernant le Plomb, l'échantillon T présente la teneur la plus faible (0.07 mg/kg), qui est conforme à la norme fixée par union européenne (UE) et la norme codex décrient par Lacoste et al. (2005) (0.1mg/kg), suivie par l'échantillon A1 qui est légèrement supérieure à la norme avec une teneur de 0.14 mg/kg, alors que les échantillons BE1, BC1, C1 renferment les teneurs les plus élevées (0.21 mg /kg, 0.33 mg /kg, 0.23 mg /kg respectivement). Ces valeurs sont relativement supérieures à la norme.

Les teneurs en Pb des échantillons d'huile d'olive A1, BE1, BC1, C1 dépassent légèrement la limite de quantification qui est de 0.1 mg/kg. Une possibilité de contamination métallique des huiles comestibles est due à la technologie des procédés de production (**Jamali et al., 2008**), et à l'exposition environnementale à une grande variété d'éléments métalliques (**Zeiner et al., 2005**).

Le système utilisé pour l'extraction d'huile peut influencer le taux des métaux lourds dans les huiles d'olive de la même région géographique. **Lacoste et al. (2004)**, ont rapporté que le procédé par pression augmente le transfert du plomb de l'olive vers l'huile, comparativement au procédé par centrifugation.

Tableau IV : Teneurs en Plomb (Pb) et Zinc (Zn) dans les 05 échantillons d'huile d'olive.

Métaux lourds (ppm)	plomb	zinc
T	0.0758	0.0266
A1	0.1432	0.0022
BE1	0.219	0.1028
BC1	0.337	0.0165
C1	0.2359	0.0318

Par ailleurs, les échantillons C1, T, BC1, BE1 présentent les teneurs les plus élevés en Zinc (0.031 mg/kg, 0.026 mg/kg, 0.016 mg/kg, 0.1 mg/kg respectivement), alors que l'échantillon A1 présente la teneur la plus faible (0.002 mg/kg). Ces valeurs restent en dessous de la norme WHO pour les huiles végétales décrite par **Sobhan ardakani (2016)** qui est de 10 mg/kg.

Selon **Melo et al. (2019)**, l'oxydation des huiles est influencée par la présence des pro-oxydants (trace de métaux) qui sont connues par leurs effets indésirables sur la stabilité àxydative des huiles

et sur leur saveur. Les traces de métaux, provenant généralement des Procédés industriels d'extraction et de raffinage, doivent être éliminées au maximum.

Des valeurs proches à celles obtenues dans notre étude ont été constatées par **Pehlivan et al. (2008)**; **Bakircioglu et al. (2013)** ont trouvé de faibles concentrations du zinc dans leurs échantillons d'huile d'olive atteignant respectivement 0.0532 mg/kg, 0.424 mg/kg.

La présence de métaux dans les huiles végétales dépend de plusieurs facteurs. Ils pourraient provenir du sol, de l'environnement, du génotype de la plante, des engrais et / ou des pesticides contenant des métaux, introduits lors de la production ou par contamination des équipements de traitement (**Jamali et al., 2008**).

II.1.9. Composition en acide gras

La composition en acides gras (AG) de l'huile d'olive joue un rôle important au niveau de sa qualité nutritionnelle. C'est l'importance de l'apport d'acides gras mono-insaturés avec un taux d'acide oléique allant de 55 % et pouvant atteindre 83 % qui confère son originalité à l'huile d'olive, ainsi que ses vertus en termes de santé. Divers facteurs, tels que le degré de maturité des olives, le climat, la variété ont une incidence sur le profil de composition en acides gras de l'huile d'olive (**Haddam et al., 2014**).

Les figures ci- après représentent les chromatogrammes des huiles d'olive analysées.

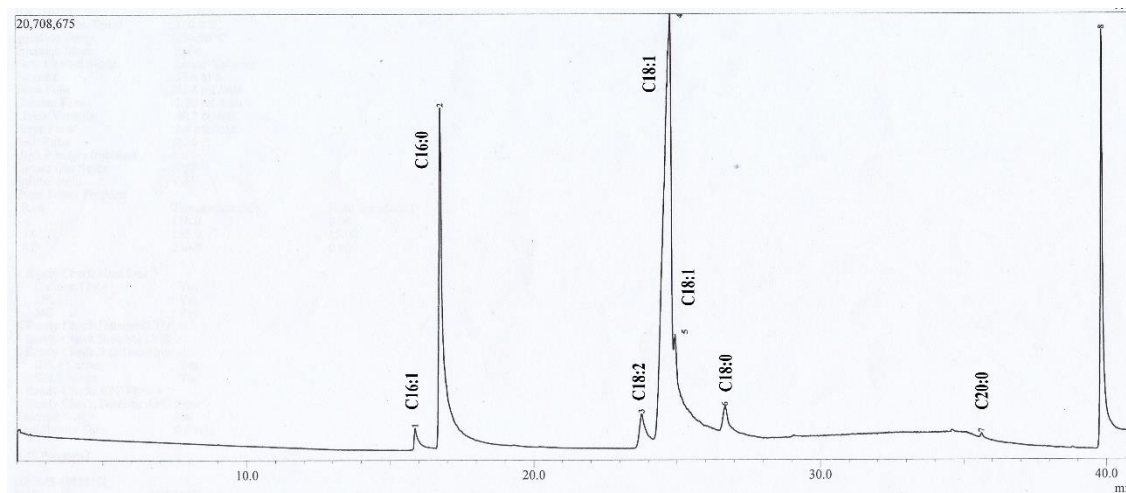


Fig 24. Chromatogramme des acides gras de l'échantillon T.

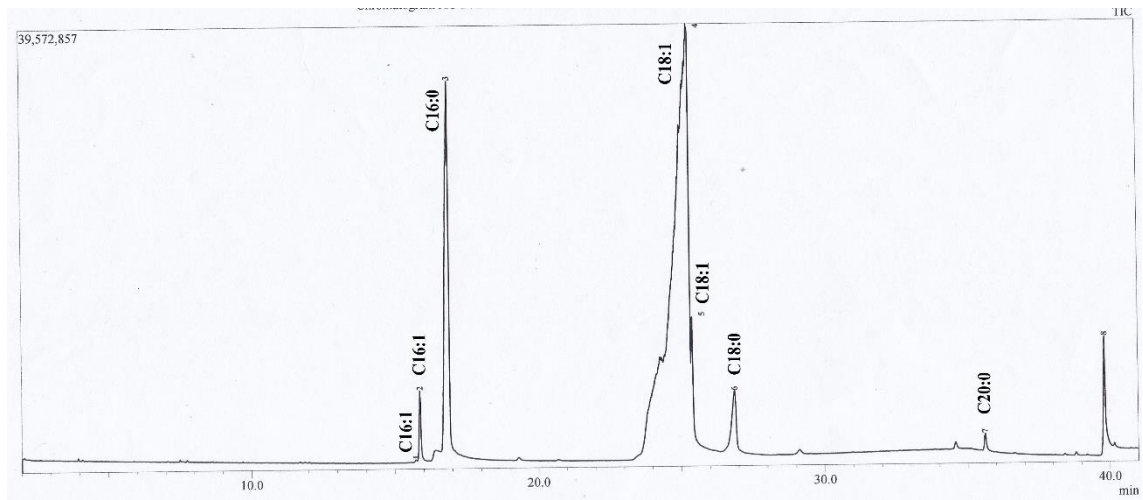


Fig 25. Chromatogramme des acides gras de l'échantillon A1.

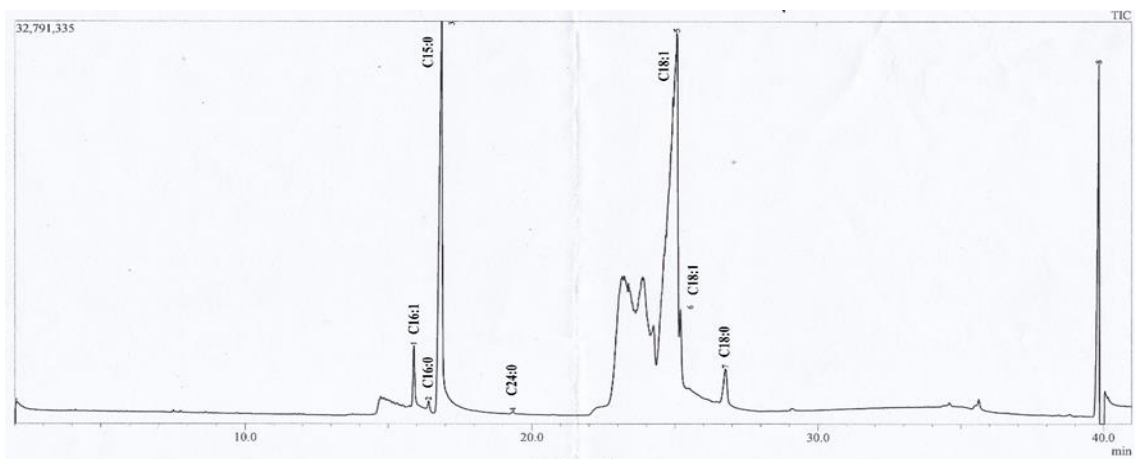


Fig 26. Chromatogramme des acides gras de l'échantillon BE1.

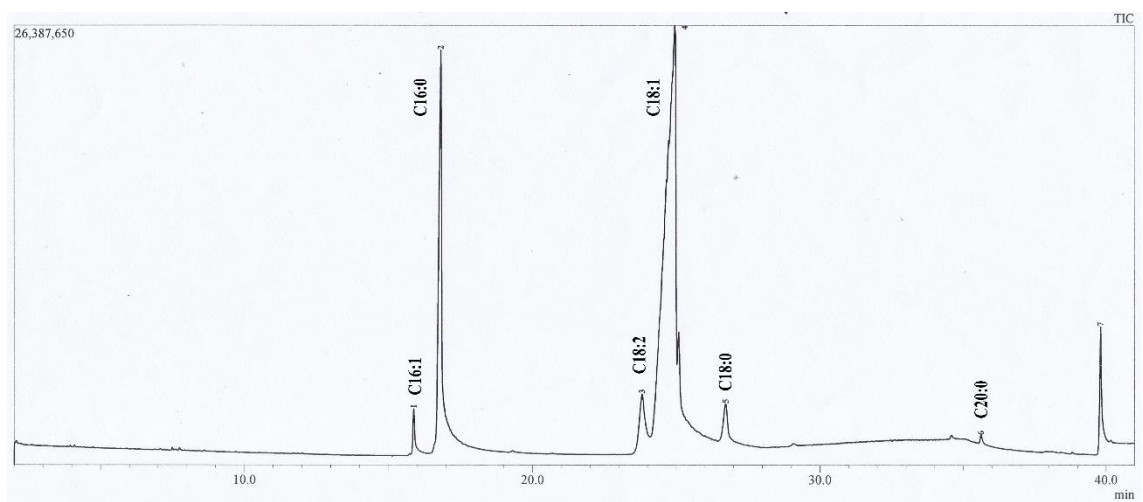


Fig 27. Chromatogramme des acides gras de l'échantillon BC1.

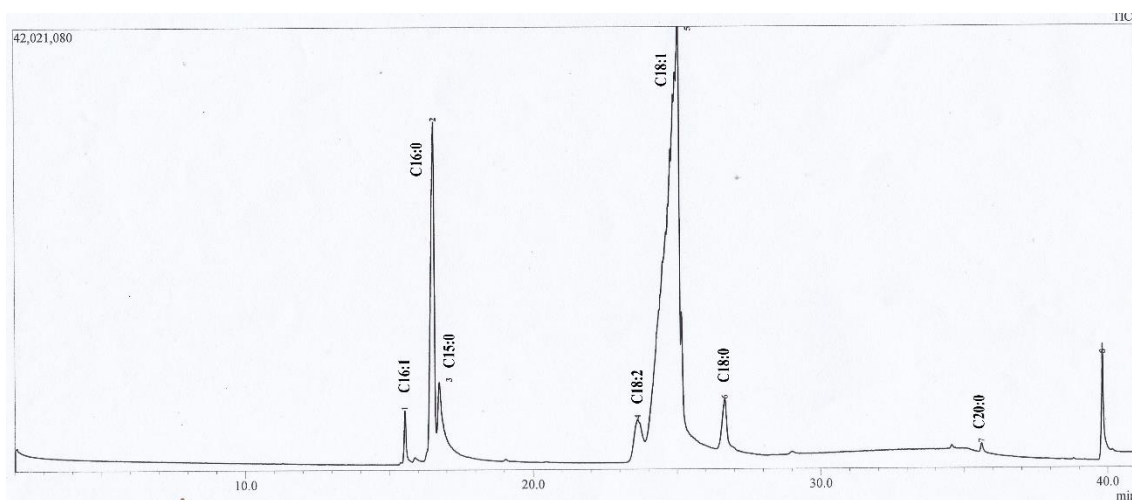


Fig 28. Chromatogramme des acides gras de l'échantillon C1.

L'examen de ces résultats permet de remarquer que l'acide oléique (C18 : 1n-9) est l'acide gras dominant, et toutes les huiles étudiées ont des proportions supérieures à 47 %. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans l'huile d'échantillon congelé (C1) (72.43%), blanchis congelé BC1 (67.37%) et séché à l'air libre (63.39 %). Ces pourcentages répondant aux normes établies par le **C.O.I (2019)** (55 % à 83 %).

Les plus faibles sont celles d'échantillon blanchis et séché à l'étuve BE1 (53.72%) et le témoin (T) (47.61 %). Cette diminution du pourcentage de (C18 : 1n-9) pourrait être attribuée à des activités enzymatiques favorisant la lipolyse due à une lipolytique microbienne en plus d'un phénomène d'oxydation spontanée. La composition en acide gras de l'huile ne dépend pas de la durée du stockage des olives avant l'extraction (**Dhifi et al., 2014**).

Ces taux sont très proches de ceux trouvés par **Issaoui et al. (2010)** pour des huiles d'olive tunisiennes où les teneurs d'acide oléique ont oscillé entre 54.6 % à 66.8 %.

L'acide palmitique (C16 :0) vient en deuxième position mais avec un pourcentage faible par rapport à l'acide oléique. Nous avons remarqué que la teneur en acide palmitique d'échantillon C1 (13.88%) se situe dans l'intervalle fixé par le **C.O. I (2019)** (7.5% à 20%). Par contre, les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans les échantillons BC1, A1 et T avec des valeurs de l'ordre de 20.34%, 23.75 et 25.59%, respectivement. Valeurs proches de la norme. L'échantillon BE1 présente le taux le moins élevé (0.28%).

Nous avons constaté que les échantillons A1 et C1 sont les plus riches en acide stéarique (C18 :0) 4.4% ,3.14% respectivement. Des faibles teneurs sont enregistrées dans les échantillons BE1, BC1 et T (2.48 %, 2.37%, 1.69 % respectivement). Ces pourcentages répondant aux normes établies par le **C.O.I (2019)** (0.5 % à 5 %).

Quant à l'acide linoléique, les teneurs sont enregistrées dans les huiles d'échantillons BC1, C1 et T avec des valeurs de l'ordre de 4.18%, 2.51% et 3.09 % respectivement. Valeurs se situent dans l'intervalle fixé par le **C.O.I (2019)** (2.5% à 21%). Ces taux sont en acide linoléique sont très proches aux valeurs trouvées par **Haddam et al. (2014)** pour les huiles de la variété d'Espagne « Picual » (4.34 %). Excepté les huiles des échantillons séchés (BE1, A1) qui présentent un pourcentage nul (0 %), ceci pourrait être due à la difficulté d'extraction des acides gras à longue chaîne, ou par un phénomène d'oxydation spontanée.

D'autres acides gras qualifiés de minoritaires et qui sont considérés, d'après **Bertuccioli et Monteleone (2014)**, comme indicateurs variétal sont présents dans nos échantillons tels que l'acide vaccinique et l'acide arachidique.

Nos résultats sont proches de ceux trouvés par **Ryan et al. (1998)**, dont le profil en acides gras a montré une dominance de l'acide oléique qui représente un pourcentage entre 55 et 83 %, ils ont également noté la présence de l'acide linoléique, l'acide palmitique et l'acide stéarique.

Conclusion

Les résultats de notre étude ont montré que l'huile des olives séchées à l'air libre A0 et séchées stockées A1, A3 appartiennent à la catégorie des « *Huiles d'olive vierges* » puisque la teneur en acide gras libre est inférieure à la norme. Par contre les huiles des olives séchées à l'étuve (avec ou sans blanchiment) E0, BE0 et séchées stockées E1, E3, BE1, BE3, se classent dans la catégorie « *Huiles d'olive vierges lampantes* ».

Les huiles des olives congelées pendant 1 mois et 3 mois (avec ou sans blanchiment) C1, C3, BC1, BC3, appartiennent à la catégorie des « *Huiles d'olive vierges courantes* ». La valeur de l'indice de peroxyde de tous les échantillons analysés est inférieure à la valeur de la norme, ce qui serait due à l'absence de composés peroxydés, à l'exception de l'échantillon E3 qui présente la valeur la plus élevée. Ces basses valeurs d'indice de peroxyde sont des preuves de la bonne conduite des opérations d'extraction de l'huile, et cela de la cueillette jusqu'à son obtention.

L'analyse spectrophotométrique des huiles a montré que l'huile des olives séchées à l'étuve E0 est la moins pigmentée, tandis que l'huile des olives séchées à l'air A0 est l'huile la plus pigmentée, Par contre le blanchiment des olives avant le séchage à l'étuve a permis de conserver mieux ces pigments.

D'autre part, la teneur en chlorophylle d'huile des olives séchées à l'étuve et à l'air libre augmente au cours de stockage des olives, par contre ces pigments diminuent au cours de stockage à la congélation.

L'huile des olives séchées à l'air (A0) présente un taux élevé en composés phénoliques, tandis que le minimum est attribué à l'huile des olives blanchies et séchées à l'étuve (BE0). On outre un prétraitement des olives par blanchiment permet de conserver mieux ces composés au cours du stockage.

Nous avons aussi évalué l'activité antioxydante des échantillons (T, A1, BE1, C1, BC1) in vitro par le test du DPPH•, qui affirme que ces polyphénols ont une capacité de piéger le radical DPPH• Cette capacité antioxydante est confirmée par leur pouvoir réducteur, le piégeage du peroxyde d'hydrogène. Les huiles étudiées possèdent une activité antioxydante remarquable qui peut servir pour limiter les maladies cardiovasculaires et autres maladies humaines.

Par ailleurs, l'étude de la composition en acide gras a montré que les trois échantillons d'huile d'olive (C1, BC1, A1) sont très riches en acides oléique. Les plus faibles pourcentages sont celles d'échantillon blanchis et séché à l'étuve BE1 et le témoin (T).

Donc on peut déduire que, le séchage à l'air libre, la congélation, sont des méthodes efficaces et donnent à l'huile une bonne résistance vis-à-vis de l'oxydation. Cependant ces méthodes de conservation peut affecte les composés fonctionnels de l'huile.

En perspective on peut dire que dans un proche avenir, il serait intéressant d'étudier l'effet de plusieurs paramètres à savoir la variation de stade de maturité et de la variété. Une étude plus large qui implique en plus l'aspect économique permettra d'avoir une idée sur l'efficacité des traitements de séchages, de congélation et un prétraitement par blanchiment pour améliorer la conservation des olives, surtout que la législation est en évolution dans ce domaine et devient de plus en plus exigeante au niveau de la qualité.

D'autres analyses supplémentaires et complémentaires à celles réalisées au cours de notre étude seront utiles à savoir un suivi de la qualité de l'huile, une analyse sensorielle et des analyses toxicologiques pour confirmer l'innocuité et la salubrité de ces procédés.

*Références
bibliographiques*

(A)

- Abaza L., Msallem M., Daoud D. et Zarrouk M., (2002).** Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 9 (2), 174-179.
- Abdessemed S., (2018).** Caractérisation et identification de quelques écotypes d'olivier *Olea europaea* L en Algérie. *Agriculture*, 8(4), 26-43.
- Abenzoza M., Raso J., Oria R. et Sánchez-Gimeno A. C., (2019).** Modulating the bitterness of Empeltre olive oil by partitioning polyphenols between oil and water phases : Effect on quality and shelf life. *Food Science and Technology International*, 25 (1), 47-55.
- Aderinola T. A. et Abaire K. E., (2019).** Quality acceptability, nutritional composition and antioxidant properties of carrot-cucumber juice. *Beverages*, 5 (1), 15.
- Albitar N., (2010).** Etude comparative des procédés de séchage couplés à la texturation par Détente Instantanée Contrôlée DIC, en termes de cinétique et de qualité nutritionnelle. Applications à la valorisation des déchets agro-industriels. Doctoral dissertation, Université de La Rochelle, France, 191p.
- Allalout A., Krichene D., Methenni K., Taamalli A., Daoud D. et Zarrouk M., (2011).** Behavior of super-intensive Spanish and Greek olive cultivars grown in northern Tunisia. *Journal of Food Biochemistry*, 35 (1), 27-43.
- Alu'datt M. H., Rababah T., Alhamad M. N., Gammoh S., Ereifej K., Al-Mahasneh M. A., Al-u'datt D., Naimi O., Hussein N. et Kubow S., (2017).** Application of olive oil as nutraceutical and pharmaceutical food : composition and biofunctional constituents and their roles in functionality, therapeutic, and nutraceutical properties. *in : Soft Chemistry and Food Fermentation*. London: United Kingdom. Pp 265-298.
- Amami E., Fersi A., Khezami L., Vorobiev E. et Kechaou N., (2009).** Déshydratation osmotique des carottes : Effet de la vitesse d'agitation et du champ électrique pulsé sur les coefficients de transfert et la couleur du produit fini. *Revue des Energies Renouvelables*, 17-24.
- Amelotti G. et Morchio Sulla G., (1985).** Composizione sterolica del olio di oliva di pressione della provincia di Lumeria. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 55, 107-110.
- Amengual J., Lobo G. P., Golczak M., Li H. N. M., Klimova T., Hoppel C. L., Wyss A., Palczewski K. et von Lintig J., (2011).** A mitochondrial enzyme degrades carotenoids and protects against oxidative stress. *The FASEB Journal*, 25 (3), 948-959.
- Angerosa F., Campestre C. et Giansante L., (2006).** *Analysis and Authentication. Olive oil : Chemistry and Technology (2ed Ed)*. AOCS Press. Champaign, IL, USA. Pp 113-174.
- Angerosa F., Servili M., Selvaggini R., Taticchi A., Esposto S. et Montedoro G., (2004).** Volatile compounds in virgin olive oil : occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1054 (1-2), 17-31.
- Aouidi F., (2012).** Etude et valorisation des feuilles d'olivier (*Olea europaea* L.) dans l'industrie agroalimentaire. Doctoral dissertation, thèse de doctorat Institut national des sciences appliquées et technologie, Université de Carthage, Tunisie, 213p.
- Aparicio-Ruiz R. et Harwood J., (2013).** *Handbook of Olive Oil. Analysis and Properties*. Springer Science+Business Media New York. Pp 1-19.

Aparicio R. et Luna G., (2002). Characterisation of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104 (9-10), 614-627.

Aparicio R., Roda L., Albi M. A. et Gutiérrez F., (1999). Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (10) 4150-4155.

Aravindakshan S., Nguyen T. H. A., Kyomugasho C., Buvé C., Dewettinck K., Van Loey A. et Hendrickx M. E., (2021). The Impact of Drying and Rehydration on the Structural Properties and Quality Attributes of Pre-Cooked Dried Beans. *Foods*, 10 (7), 1665.

Asioli D., Rocha C., Wongprawmas R., Popa M., Gogus F. et Almlı V. L., (2019). Microwave-dried or air-dried ? Consumers' stated preferences and attitudes for organic dried strawberries. A multi-country investigation in Europe. *Food Research International*, 120, 763-775.

Asheri M., Sharifani M. M. et Kiani G., (2017). An examination into the effects of frozen storage of olive fruit on extracted olive oils. *Advances in Horticultural Science*, 31 (3), 191-198.

Aydar A. Y., (2018). Emerging extraction technologies in olive oil production. In : *Technological Innovation in the Olive Oil Production Chain*. IntechOpen. London: United Kingdom. Pp 11-20.

(B)

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

Badawy H. A. A., Abd-Elmageed S. M. et Almoselhy R. I., (2020). Effect of Drying Process on the Quality of Table Olives. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 10 (2), 220-227.

Bakircioglu D., Kurtulus Y. B. et Yurtsever S., (2013). Comparison of extraction induced by emulsion breaking, ultrasonic extraction and wet digestion procedures for determination of metals in edible oil samples in Turkey using ICP-OES. *Food chemistry*, 138 (2-3), 770-775.

Baliyan S., Mukherjee R., Priyadarshini A., Vibhuti A., Gupta A., Pandey R. P. et Chang, C. M., (2022). Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, 27 (4), 1326.

Bchir B., Besbes S., Giet J. M., Attia H. et Blecker C., (2011). Synthèse des connaissances sur la déshydratation osmotique. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 15 (1), 129-142.

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

Bendini A., Cerretani L., Carrasco-Pancorbo A., Gómez-Caravaca AM, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A. et Lercker G., (2007). Phenolic molecules in virgin olive oils : a survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade. *Molecules*, 12,1679-1719.

Benlemlıh M. et Ghanem J., (2012). Polyphénols d'huile d'olive, trésors santé ! Imprimé en France (Nouvelle Imprimerie Laballery) © marcopietteur, Pp 43-60.

- Benloch-Tinoco M., Igual M., Rodrigo, D. et Martínez-Navarrete N., (2013).** Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19, 166-172.
- Ben Youssef N., Zarrouk W., Carrasco-Pancorbo A., Ouni Y., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A., Daoud, D. et Zarrouk M., (2010).** Effect of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chétoui virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 199-204.
- Bermúdez-Oria A., Rodríguez-Juan E., Rodríguez-Gutiérrez G., Fernández-Prior Á. et Fernández-Bolaños J., (2021).** Effect of the Olive Oil Extraction Process on the Formation of Complex Pectin–Polyphenols and Their Antioxidant and Antiproliferative Activities. *Antioxidants*, 10 (12), 1858.
- Bertuccioli M. et Monteleone E., (2014).** The sensory quality of extra-virgin olive oil. In : *The Extra-Virgin Olive Oil Handbook*. Chennai, India. Pp 35-58.
- Bhatta S., Stevanovic Janezic T. et Ratti C., (2020).** Freeze-drying of plant-based foods. *Foods*, 9(1), 87.
- Boizot N. et Charpentier J. P., (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
- Bonazzi C., Dumoulin E. et Bimbenet J.-J., (2008).** Le séchage des produits alimentaires. *Industrie Alimentaire Agricole*, 125, 12-22.
- Bonazzi C. et Dumoulin E., (2011).** Quality changes in food materials as influenced by drying processes. *Modern drying technology*, 1-20.
- Bosio G. N., Breitenbach T., Parisi J., Reigosa M., Blaikie F. H., Pedersen B. W., Silva E.F.F., Martire D.O. et Ogilby P. R., (2013).** Antioxidant β -carotene does not quench singlet oxygen in mammalian cells. *Journal of the American Chemical Society*, 135 (1), 272-279.
- Boskou D., Blekas G. et Tsimidou M., (2006).** Olive oil composition. In : *Olive oil, Chemistry and Technology (2nd ed)*. USA. Pp 41-72.
- Boskou D., (2015).** Olive oil : Properties and processing for use in food. In *Specialty oils and fats in food and nutrition (1st ed)*. United Kingdom. Pp 3-38.
- Bouchenak O., Yahiaoui K., Toubal S., Benhabyles N., Laoufi R. et Arab K., (2018).** Étude comparative des huiles d'olives de cinq régions d'algerie (Bouira, Bejaia, Biskra, Dellys et Jijel). *AgroBiologia*, 8 (2), 1038-1046.
- Boudribila MM., (2004).** Les anciens amazighs avant les phéniciens : mode de vie et organisation sociale. *AWAL.29*, Pp 17-31.
- Bouhadi N., Chennit B. et Boudriche L., (2018).** Sesame seeds and flax food oils : extraction and physicochemical characterizations. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 24 (3), 136-142.
- Boulfane S., Maata N., Anouar A. et Hilali S., (2015).** Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles de la région de la Chaouia- Maroc. *Journal of Applied Biosciences*, 87 (1), 8022-8029.

Boulkroune H., (2018). L'oléiculture en petite kabylie : améliorer la qualité des produits participe au développement durable de la filière. Doctoral dissertation, Université de Ferhat Abbas.Sétif 1, Alger, 186 p.

Brkić Bubola K., Lukić M., Novoselić A., Krapac M. et Lukić I., (2020). Olive fruit refrigeration during prolonged storage preserves the quality of virgin olive oil extracted therefrom. *Foods*, 9 (10), 1445.

Burton G. W. et Ingold K. U., (1986). Vitamin E : Application of the principles of physical organic Chemistry to the exploration of its structure and function. *Accounts of Chemical Research*, 19, 194-201.

(C)

Campestre C., Angelini G., Gasbarri C. et Angerosa F., (2017). The compound responsible for the sensory profile in monovarietal virgin olive oils. *Molecules*, 22 (11), 1833.

Cano M.P., Marín M.A. et De Ancos B., (1993). Pigment and color stability of frozen kiwi-fruit slices during prolonged storage. *Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 197, 346–352.

Casas J. S., Bueno E. O., García A. M. M. et Cano M. M., (2004). Sterol and erythrodiol+ uvaol content of virgin olive oils from cultivars of Extremadura (Spain). *Food Chemistry*, 87 (2), 225-230.

Cicero N., Albergamo A., Salvo A., Bua G. D., Bartolomeo G., Mangano V., Rotondo A., Di Stefano V., Di Bella G. et Dugo G., (2018). Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. *Food Research International*, 109, 517–525.

Clodoveo M. L., (2013). An overview of emerging techniques in virgin olive oil extraction process : Strategies in the development of innovative plants. *Journal of Agricultural Engineering*, 44, 297-305.

Clodoveo M. L., Hbaieb R. H., Kotti F., Mugnozza G. S. et Gargouri M., (2014). Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive oil by modulating the endogenous enzyme activities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13 (2), 135-154.

Condelli N., Caruso M. C., Galgano F., Russo D., Milella L. et Favati F., (2013). Prediction of the antioxidant activity of extra virgin olive oils produced in the Mediterranean area. *Food Chemistry*, 177, 233–239.

Connor A.M., Luby J.J., Hancock J.F., Berkheimer S. et Hanson E.J., (2002). Changes in Fruit Antioxidant Activity among Blueberry Cultivars during Cold-Temperature Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (4), 893-898.

Cruz J. F., Hounhouigan J. D. et Fleurat-Lessard F., (2016). *La conservation des grains après récolte*. France, Pp54-56.

Cui M., Chen B., Xu K., Rigakou A., Diamantakos P., Melliou E. Logothetis D.E. et Magiatis P., (2021). Activation of specific bitter taste receptors by olive oil phenolics and secoiridoids. *Scientific Reports*, 11 (1), 1-11.

Curet S., (2019). Procédés de chauffage par micro-ondes : approches expérimentales et numériques des interactions avec les produits alimentaires. London, UK, Pp1-50.

(D)

Degreyt W I., (1998). Effect of physical refining on selected minor components in vegetable oils, 68.

Deiana P., Filigheddu M. R., Dettori S., Culeddu N., Dore A., Molinu M. G. et Santona M., (2021). The chemical composition of Italian virgin olive oils. *In: Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention (2 nd Ed)*. Academic Press. Pp 51-62.

Delvosalle C., (2002). La qualité : des concepts à la pratique. *Pyramides. Revue du Centre d'études et de recherches en administration publique*, (5), 137-154.

Deng L. Z., Mujumdar A. S., Zhang Q., Yang X. H., Wang J., Zheng Z. A., Gao Z J. et Xiao, H. W., (2019). Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables : Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59 (9), 1408-1432.

Dhifi W., Khedher M. B., Bellili S., Sadaka C., Wakim L., El Beyrouthy M., Marzouk B. et Mnif W., (2014). Effects of olive drying and storage on the oxidative status, aroma, chlorophyll and fatty acids composition of olive oil. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7, 102-8.

Dumez C., Forey P., Foy E., Mahier H., Mateos C., Marotte O., Lobbens J. et Perotin A., (2017). Cryogénéisation et Lyophilisation. Projet Professionnel, université de Lorraine, France, Pp 1-29.

(E)

El Bouzidi S. et Ouahidi A., (2016). Approche historique de l'oléiculture dans le maroc antique: l'apport des textes agronomiques et de l'archéologie. *L'oléiculture au Maroc de la préhistoire à nos jours: pratiques, diversité, adaptation, usages, commerce et politiques (Montpellier 2016)*, 29-44.

Essiari M., Mouhajir A., Mouhsine El Hayani S., El Kahkahi R. et Lemrha A., (2015). Evaluation of the Physic-chemical Quality Parameters of Virgin Olive Oils from Four Varieties Moroccan (Moroccan Picholine, Arbequina, Haouzia and Menara) during Storage. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 5 (3), 154-162.

Evrard J., Pages X. P. X., Argenson C. et Morin O., (2007). Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza. *Cahiers de Nutrition et de Dietétique*, 42, 13-23.

(F)

Faively M., (2012). L'eau et la conservation des aliments.

Favati F., Condelli N., Galgano F. et Caruso M. C., (2013). Extra virgin olive oil bitterness evaluation by sensory and chemical analyses. *Food Chemistry*, 139 (1-4), 949-954.

Fernández-Bolaños J., Rodríguez G., Rodríguez R., Guillén R. et Jiménez A., (2006). Extraction of interesting organic compounds from olive oil waste. *Grasas y Aceites*, 57(1), 95 106.

Fraga H., Moriondo M., Leolini L. et Santos J. A., (2020). Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11 (1), 56.

Frankel E., Bakhouché A., Lozano-Sánchez J., Segura-Carretero A. et Fernández-Gutiérrez A., (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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (22), 5179-5188.

Fredot E., (2005). *Connaissance des aliments*. Imprimé en France, Pp1-8.

Fronimaki P., Spyros A., Christophoridou S. et Dais P., (2002). Determination of the diglyceride content in Greek virgin olive oils and some commercial olive oils by employing ³¹P NMR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (8), 2207-2213.

(G)

Gandul-Rojas B. et Minguéz-Mosquera M. I., (1996). Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various Spanish olive varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72 (1), 31-39.

García-Vico L., García-Rodríguez R., Sanz C. et Pérez A. G., (2017). Biochemical aspects of olive freezing-damage : Impact on the phenolic and volatile profiles of virgin olive oil. *LWT*, 240-246.

Gardner P.T., White T.A.C., McPhail D.B. et Duthie G.G., (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68, 471-474.

Georgé S., Brat P., Alter P. et Amiot M. J., (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 53 (5), 1370-1373.

Gerber M., (2016). L'huile d'olive, des bénéfices reconnus. *Pratiques en nutrition: santé et alimentation*, (47), 13.

Ghalmi R., (2012). Effet de facteurs agronomiques et technologiques sur le rendement et la qualité de l'huile. Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure Agronomique EL-Harrach Alger, 72p.

Gharby S., (2012). Contribution à la valorisation de l'huile d'argane : Influence de l'origine du fruit (terroir, forme) et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane. Doctoral dissertation, Université de Mohamed V Rabat, Maroc, 267p.

Ghaoues S. et Namoune H., (2021). Impact of variety and extraction process on physico-chemical and sensory characteristics of virgin olive oil. *Acta Scientifica Naturalis*, 8(1), 80-90.

Gigon F. et Le Jeune R., (2010). Huile d'olive, *Olea europaea L.* *Phytothérapie*, 8 (2), 129-135.

Giovanelli G. et Paradiso A., (2002). Stability of Dried and Intermediate Moisture Tomato Pulp during Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (25), 7277-7281.

Guiné R., (2018). The drying of foods and its effect on the physical-chemical, sensorial and nutritional properties. *International Journal of Food Engineering*, 2 (4), 93-100.

Giuffrè A. M., Louadj L., Poiana M. et Macario A., (2012). Composition en sterols des huiles extraites d'olives de cultivars de la province de Reggio Calabria (Sud d'Italie). *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 89, 177-183.

Giuffrida D., Salvo F., Salvo A., La Pera L. et Dugo G., (2007). Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various Sicilian olive varieties. *Food Chemistry*, 101 (2), 833-837.

Grogna P., (2016). Conservation des fruits et légumes. Itinéraires Bio, biowallonie, Pp10-15.

Guclu G., Kelebek H. et Selli S., (2021). Antioxidant activity in olive oils. In : *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*. Academic Press. Pp. 313-325.

Gutiérrez Rosales F., Perdiguero S., Gutiérrez R. et Olias J. M., (1992). Evaluation of the bitter taste in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 69 (4), 394-395.

(H)

Haddam M., Chimi H. et Amine A., (2014). Formulation d'une huile d'olive de bonne qualité. *OCL*, 21 (5), D507.

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

Henry S., (2003). L'huile d'olive : son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et en cosmétique. Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré, France, 128p.

Huang S., Wang Q., Wang Y., Ying R., Fan G., Huang M. et Agyemang M., (2020). Physicochemical characterization and antioxidant activities of Chongqing virgin olive oil : effects of variety and ripening stage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14 (4), 2010-2020.

Hui Y.H., Sinha N.K., Evranuz E.Ö., Siddiq M. et Ahmed J., (2011). *Handbook of Vegetables & Vegetable Processing*. Wiley-Blackwell. USA.

(I)

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

Inglese P., Famiani F., Galvano F., Servili, M., Esposito S. et Urbani S., (2011). 3 factors affecting extra-virgin olive oil composition. *Horticultural Reviews*, 38, 83-148.

(J)

Jabeur H., Zribi A., Abdelhedi R. et Bouaziz M., (2015). Effect of olive storage conditions on Chemlali olive oil quality and the effective role of fatty acids alkyl esters in checking olive oil authenticity. *Food Chemistry*, 169, 289-296.

Jacotot B., (1993). *L'huile d'olive: de la gastronomie à la santé*. Paris: Artulen. Pp 280.

Jamali M. K., Kazi T. G., Arain M. B., Afridi H. I., Jalbani N., Sarfraz R. A. et Baig J. A., (2008). A multivariate study: Variation in uptake of trace and toxic elements by various varieties of Sorghum bicolor L. *Journal of Hazardous Materials*, 158 (2-3), 644-651.

Jéssica L., Vega-Gálvez A., Torres M. J., Lemus-Mondaca R., Quispe-Fuentes I. et Di Scala K., (2013). Effect of dehydration temperature on physico-chemical properties and antioxidant capacity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73 (3), 293-300.

Jihed F., Ferdaws G., Mbarka B. M., Sihem B. A., Tebra T., Amel G., tarek Z., lahzein M. et Kamel N., (2016). Comparaison de la composition physicochimique d'huile d'olive chez la variété Chemlai sous l'effet d'irrigation. *Revue des Régions Arides* n°43, 513-521.

(K)

Kandylis P., Vekiari A.S., Kanellaki M., Grati Kamoun N., Msallem M. et Kourkoutas Y., (2011). Comparative study of extra virgin olive oil flavor profile of Koroneiki variety (*Olea europaea* var. *Microcarpa alba*) cultivated in Greece and Tunisia during one period of harvesting. *Food Science and Technology*, 44 (2011) 1333-1341.

Khdair A. I., Ayoub S. et Abu-Rumman G., (2015). Effect of pressing techniques on olive oil quality. *American Journal of Food Technology*, 10, 176-183.

Kiritsakis A. et Christie W. W., (2003). Análisis de aceites comestibles. In : Manual del aceite de oliva (1a Ed.). Madrid (España) : Ediciones Mundi-Prensa.

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

(L)

Lacoste F., Lechat H., Pages X., Arnaud J. N., Brenne E., Soulet B., Camisuli B., Birot C., Fazeuilh S. et Escabasse J., (2005). Contrôle des composés indésirables dans les huiles végétales et mise en place d'observatoires. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 12 (5-6), 372-377.

Lacoste F., Soulet B., Arnaud J. N., Brenne E. et Lechat H., (2004). Contrôle de la sécurité sanitaire de l'huile d'olive vierge. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11 (3), 210-216.

Lahmari N., Fahloul D. et Azani I., (2012). Influence des méthodes de séchage sur la qualité des tomates séchées (variété Zahra). *Journal of Renewable Energies*, 15 (2), 285-295.

Laincer F., Laribi R., Tamendjari A., Arrar L., Rovellin P. et Venturin S., (2014). Olive oils from Algeria: Phenolic compound, antioxidant and antibacterial activities. *Grasas y Aceites*, 65 (1).

Lama A., Pirozzi C., Pia Mollica M., Trinchese G., Di Guida F., Cavaliere G., Calignano A., MattaceRaso M., Berni Canani R. et Meli R., (2017). Polyphenol-rich virgin olive oil reduces insulin resistance and liver inflammation and improves mitochondrial dysfunction in high-fat diet fed rats. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (3), 1600418.

Lazzarini C., Cifelli M. et Domenici V., (2016). Pigments in extra-virgin olive oil : Authenticity and quality. In : *Products from olive tree*. London: United Kingdom. Pp 99-114.

Lazzeri Y. et Gilbert B., (2007). *L'olivier en Méditerranée : du symbole à l'économie*. Paris. Pp137.

Li H.B., Cheng K.W., Wong C.C., Fan K.W., Chen F. et Jiang Y., (2007). Evolution of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102, 771-776.

Lisiewska Z. et Kmiecik W., (2000). “Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes”. *Food Chemistry*, 70, 167-173.

Lozano-Sánchez J., Segura-Carretero A. et Fernández-Gutiérrez A., (2009). Composición del aceite de oliva. En *El Aceite de Oliva Virgen : Tesoro de Andalucía*. Málaga (España) : Servicio de Publicaciones de la Fundación Unicaja.

Loussert R. et Brousse G., (1978). *L'olivier*. Collection des *techniques agricoles et productions méditerranéennes*. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris. Pp 462.

Luaces P., Pérez A. G., García J. M. et Sanz C., (2005). Effects of heat-treatments of olive fruit on pigment composition of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 90 (1-2), 169-174.

(M)

Macias M. A., (2013). Comparatives studies of different drying process of strawberry hot air drying freeze-drying and swell-drying : application on the biological compounds preservation. Doctoral dissertation, Université de La Rochelle, 139p.

Malagié M., Jensen G., Graham J.C. et Donald L. S., (1999). Publiés dans la 3^e édition de *l'Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*.

Mantzouridou F. et Tsimidou M. Z., (2011). Microbiological quality and biophenol content of hot air-dried Thassos cv. Table olives upon storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113 (6), 786-795.

Martakos I., Kostakis M., Dasenaki M., Pentogennis M. et Thomaidis N., (2019). Simultaneous determination of pigments, tocopherols, and squalene in Greek olive oils : A study of the influence of cultivation and oil-production parameters. *Foods*, 9 (1), 31.

Masella P., Guerrini L., Angeloni G., Spadi A., Baldi F. et Parenti A., (2019). Freezing/storing olives, consequences for extra virgin olive oil quality. *International Journal of Refrigeration*, 106, 24-32.

Mathavi V., Sujatha G., Ramya S. B. et Devi B. K., (2013). New trends in food processing. *International Journal of Advances in Engineering and Technology*, 5 (2), 176-187.

Medeiros D.M. et Hampton M., (2019). Olive oil and health benefits. In : *Handbook of Nutraceuticals and Nunctional Foods*. USA, Pp. 211-222.

Meftah H., Latrache H., Hamadi F., Hanine H., Zahir H. et El louali M., (2014). Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olives issues de différentes zones de la région Tadla Azilal (Maroc). *Jornal of Material and Environnement Sciences*, 5, 641-646.

Melo E., Michels F., Arakaki D., Lima N., Gonçalves D., Cavalheiro L., Oliveira L., Caires A., Hiane P. et Nascimento V., (2019). First study on the oxidative stability and elemental analysis of babassu (*Attalea speciosa*) edible oil produced in Brazil using a domestic extraction machine. *Molecules*, 24 (23), 4235.

Mena C., González A. Z., Olivero-David R. et Pérez-Jiménez M. Á., (2018). Characterization of ‘Castellana’ virgin olive oils with regard to olive ripening. *Horttechnology*, 28 (1), 48-57.

Merouane A., Noui A., Ali Medjahed H., Ali K.N.B. et Saadi A., (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (4), 1865-1870.

Metlef S., (2021). Caractérisation et étude des activités antioxydantes et antibactériennes de l'huile d'olive algérienne. Doctoral dissertation, Université de Djillali Liabes Sidi Bel Abbes, Alger, 179p.

Mezghache M., Henchiri C., Martine L., Berdeaux O., Aouf N. et Juaneda P., (2010). Contribution à l'étude de la fraction insaponifiable de trois huiles d'olive issues des variétés Guasto, Rougette et Blanquette plantés dans l'est algérien. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 17 (5), 337-344.

Michèle M. et Frédéric R., (2000). Lyophilisation. Technique de l'ingénieur.

Minguez-Mosquera I.M., navaro R.L., rojas G.B., sanchez Gomez H.A. et Fernandez G.j., (1991). Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 68, 332-336.

Moral R. et Escrich E., (2022). Influence of Olive Oil and Its Components on Breast Cancer : Molecular Mechanisms. *Molecules*, 27 (2), 477.

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

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

Morgan D., (2013). Les different moyens de conservation des aliments.

Mrad N. D., Boudhrioua N., Kechaou N., Courtois F. et Bonazzi C., (2012). Influence of air-drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 90 (3), 433-441.

Murielle M., (2009). *Nutrition humain et sécurité alimentaire*. Edition Lavoisier, ISBN : 987-2-7430-1072-0.

Muto E., Dell'Agli M., Sangiovanni E., Mitro., Fumagalli M., Crestani De Fabiani E. et Caruso D., (2015). Olive oil phenolic extract regulates interleukin-8 expression by transcriptional and post transcriptional mechanisms in Caco-2 cells. *Molecular Nutrition and Food Research*, 59 (6), 1217-1221.

(N)

Nabil B. Y., Youssef O., Nizar D., Bechir B., Chedly A. et Mokhtar Z., (2012). Effect of olive storage period at two different temperatures on oil quality of two tunisian cultivars of *Olea europea*, Chemlali and Chétoui. *African Journal of Biotechnology*, 11 (4), 888-895.

Nakbi A., Issaoui M., Dabbou S., Koubaa N., Echbili A., Hammami M. et Attia N., (2010). Evaluation of antioxidant activities of phenolic compound from two extra virgin olive oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 (7), 711-715.

Ndiaye C., Xu S. Y. et Wang Z., (2009). Steam blanching effect on poly-phenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Food Chemistry*, 113 (1), 92–95.

Nguyen T. H., (2015). Étude expérimentale et modélisation du procédé de séchage des végétaux. Doctoral dissertation, Université de Bretagne Sud, France, 243p.

Nnorom I. C. et Ewuzie U., (2015). Comparative study of trace metal (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, and Zn) contents of local and imported vegetable oil brands consumed in Nigeria. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5 (4), 22-29.

Novidzro K. M., Wokpor K., Fagla B. A., Koudouvo K., Dotse K., Osseyi, E. et Koumaglo K. H., (2019). Etude de quelques paramètres physicochimiques et analyse des éléments minéraux, des pigments chlorophylliens et caroténoïdes de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (4), 2360-2373.

Nowak D., Gośliński M. et Popławski C., (2021). Antioxidant Properties and Fatty Acid Profile of Cretan Extra Virgin Bioolive Oils: A Pilot Study. *International Journal of Food Science*, 2021.

Nowak D. et Jakubczyk E., (2020). The freeze-drying of foods—the characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods*, 9 (10), 1488.

(O)

Ollivier D., Artaud J., Pinatel C., Durbec J. P. et Guérère M., (2003). Triacylglycerol and fatty acid compositions of French virgin olive oils. Characterization by chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (19), 5723-5731.

Ollivier D., Boubault E., Pinatel C., Souillol S., Guérère M. et Artaud J., (2004). Analyse de la fraction phénolique des huiles d'olive vierges. *Annales des Falsifications, de L'expertise Chimique et Toxicologique*, 169-196.

Ollivier D., Pinatel C., Ollivier V. et Artaud J., (2014). Composition en acides gras et en triglycérides d'huiles d'olive vierges de 34 variétés et 8 Appellations d'Origine françaises et de 2 variétés étrangères implantées en France : constitution d'une banque de données (Partie I). *Olivae*, sous presse.

Ouaouich A. et Chimi H., (2007). Guide de producteur de l'huile d'olive. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel. Vienne.

Ouedrhiri M., Benismail C., EL Mohtadi F. et Achkari-Begdouri A., (2017). Évaluation de la qualité de l'huile de pulpe d'olive vierge de la variété Picholine marocaine. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5 (2), 142-148.

(P)

Pehlivan E., Arslan G., Gode F., Altun T. et Musa Özcan M., (2008). Determination of some inorganic metals in edible vegetable oils by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). *Grasas y Aceites*, 59 (3), 239-244.

Piscopo A., De Bruno A., Zappia A., Giofrè G., Grillone N., Mafrica R. et Poiana M. M., (2018). Effect of olive storage temperature on the quality of Carolea and Ottobraticaoils. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 563-572.

Plasquy E., García Martos J. M., Florido M. C., Sola-Guirado R. R. et García Martín J. F., (2021). Cold storage and temperature management of olive fruit : The impact on fruit physiology and olive oil quality—A review. *Processes*, 9 (9), 1543.

Poerio A., Bendini A., Cerretani L., Bonoli-Carbognin M. et Lercker G., (2008). Effect of olive fruit freezing on oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110 (4), 368-372.

Psomiadou E. et Tsimidou M., (1998). Simultaneous HPLC determination of tocopherols, carotenoids, and chlorophylls for monitoring their effect on virgin olive oil oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (12), 5132-5138.

(Q)

Qiu D., Chen Z.-R. et Li H.-R., (2009). Effect of heating on solid β -carotene. *Food Chemistry*, 112 (2), 344-349.

(R)

Rahman M. S. et Velez-Ruiz J. F., (2007). Food preservation by freezing. In: *Handbook of food preservation*. CRC press. Pp. 653-684.

Ramírez-Tortosa M.C., Granados S. et Quiles J.L., (2006). Chemical composition, types and characteristics of olive oil. In : *Olive oil and health*. CAB International publishing, Pp 45-62.

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

Renard C., (2015). Comment conserver les aliments : stérilisation, pasteurisation, surgélation, séchage, 4ème gamme. In : *Alimentation à découvert*, France, Pp 80-83.

Rivera del Álamo R M., Fregapane G., Aranda F., Gómez-Alonso S. et Salvador M D., (2004). Sterol and alcohol composition of Cornicabra virgin olive oil : the campesterol content exceeds the upper limit of 4% established by EU regulations. *Food Chemistry*, 84, 533-537.

Rao C., Newmark H. et Reddy B., (1998). Chemopreventive Effect of Squalene on Colon Cancer. *Carcinogenesis*, 19, 287-290.

Rocha T., Marty-Audouin C. et Lebert A., (1993). Effect of drying temperature and blanching on the degradation of chlorophyll a and b in mint (*Mentha spicata* Huds.) and basil (*Ocimum basilicum*) : analysis by high performance liquid chromatography with photodiode array detection. *Chromatographia*, 36 (1), 152-156.

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

Rodríguez-Juan E., Rodríguez-Romero C., Fernández-Bolaños J., Florido M. C. et Garcia-Borrego A., (2021). Phenolic compounds from virgin olive oil obtained by natural deep eutectic solvent (NADES): effect of the extraction and recovery conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (2), 552-561.

Roshanak S., Rahimmalek M. et Goli S. A. H., (2016). Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53 (1), 721-729.

Roussos S., Zaouia N., Salih G., Tantaoui-Elaraki A., Lamrani K., Cheheb M., Hassouni H., Verhe F., Gaimpe-perraud I., Augur CH. et Ismaili-Alaoui M., (2006). Mycoflore naturelle des olives dans les Maâsra et pouvoir toxigène des souches d'*Apergillus* sur céréales. In :

Biotechnologies et qualité des produits de l'olivier dans le bassin méditerranéen = Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean basin. Maroc, Pp 175-192.

Ruch R. J., Cheng S. J. et Klaunig J. E., (1989). Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. *Carcinogen*, 10, 1003-1008.

Ryan D., Antolovich M., Prenzler P., Robards K. et Lavee S., (2002). Biotransformations of phenolic compounds in *Olea europaea* L. *Scientia Horticulturae*, 92 (2), 147-176.

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

(S)

Saffar Taluri S., Jafari S. M. et Bahrami A., (2019). Evaluation of changes in the quality of extracted oil from olive fruits stored under different temperatures and time intervals. *Scientific Reports*, 9 (1), 1-8.

Sánchez-Martínez J. D. et Garrido-Almonacid A., (2018). Olive cultivation in the era of globalization. *Science and Technology Development Journal-Social Sciences and Humanities*, 2 (1), 60-71.

Singleton V. L. et Rossi J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3), 144-158.

Sinha N.K., Sidhu J.S., Barta J., Wu J.S.B. et Cano M.P., (2012). *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. Second edition. Wiley-Blackwell, Pp720.

Sobhan Ardakani S., (2016). Health risk assessment of As and Zn in canola and soybean oils consumed in Kermanshah, Iran. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 4 (2), 62-67.

Subedi L., Timalsena S., Duwadi P., Thapa R., Paudel A. et Parajuli K., (2014). Antioxidant activity and phenol and flavonoid contents of eight medicinal plants from Western Nepal. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 34 (5), 584-590.

Sun D., (2011). *Handbook of frozen food processing and packaging*. New York, Taylor and Francis Group, Pp 893.

(T)

Tanouti K., Elamrani A., Serghini-Caid H., khalid A., BahttaY., Benali A., Harkous M. et Khiair M., (2010). Caractérisation de l'huile d'olive produites dans des coopératives pilote (Lakamara et kenine) au niveau du maroc oriental. *Technologie de Laboratoire*, 5, 18-26.

Tanouti K., Serghini-Caid H., Chaieb E., Benali A., Harkous M. et Elamrani A., (2011). Amélioration qualitative d'huiles d'olive produites dans le maroc oriental. *Les Technologies de Laboratoire*, 6, 58-63.

Touati S., Acila S., Boujnah D., Chehab H., Ayadi M. et Debouba M., (2022). Geographical location and cultivar-linked changes on chemical properties of olive oils from Algeria. *Food Science and Nutrition*, 10 (6), 1937-1949.

Tremeac B., (2004). Étude expérimentale et numérique des phénomènes thermomécaniques lors de la congélation de produits alimentaires. Application à des structures multicouches. Doctoral dissertation, Université de Nantes, 160p.

Tuck K. L. et Hayball P. J., (2002). Major phenolic compound in olive oil : metabolism and health effects. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13 (11), 636-644.

(V)

Velasco J. et Dobarganes C., (2002). Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104 (9-10), 661-676.

Veneziani G., Sordini B., Taticchi A., Esposto S., Selvaggini R., Urbani S., Di Maio L. et Servili M., (2016). Improvement of olive oil mechanical extraction : new technologies, process efficiency, and extra virgin olive oil quality. In : *Products from olive tree*, Pp 21-42.

Vera D. N., Jiménez-Carvelo A. M., Cuadros-Rodríguez L., Ruisánchez I. et Callao M. P., (2019). Authentication of the geographical origin of extra-virgin olive oil of the Arbequina cultivar by chromatographic fingerprinting and chemometrics. *Talanta*, 203, 194-202.

Visioli F. et Galli C., (1998). The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease : new findings. *Nutrition Reviews*, 56 (5), 142-147.

(W)

Wang H., Dong Gao X., Zhou G., Cai L. et Yao W. B., (2007). In vitro and in vivo antioxidant activity of aqueous extract from *Choerospondias axillaris* fruit. *Food Chemistry*, 106, 888-895.

(Y)

Yang D. P., Kong D. X. et Zhang H. Y., (2007). Multiple pharmacological effects of olive oil phenols. *Food Chemistry*, 104, 1269-1271.

Yousfi K., Cert R. M. et García J. M., (2006). Changes in quality and phenolic compound of virgin olive oils during objectively described fruit maturation. *European Food Research and Technology*, 223 (1), 117-124.

Yousfi K., Weiland C.M. et Garcia J.M., (2013). Responses of fruit physiology and virgin oil quality to cold storage of mechanically harvested 'Arbequina' olives cultivated in hedgerow. *Grasas Aceites*, 64, 572-582.

(Z)

Zaidi H., Meradi O. et Bouznit M., (2021). La filière oléicole à Bejaia État des lieux, contraintes et perspectives The olive sector in Bejaia : Inventory, constraints and prospects. *Journal des Etudes Economiques Contemporaines*, 6 (02), 601-624.

Zeiner M., Steffan I. et Cindric I. J., (2005). Determination of trace elements in olive oil by ICP-AES and ETA-AAS: A pilot study on the geographical characterization. *Microchemical Journal*, 81 (2), 171- 176.

Zullo B. A., Pachioli S. et Cifardini G., (2020). Reducing the bitter taste of virgin olive oil Don Carlo by microbial and vegetable enzymes linked to the colloidal fraction. *Colloids and Interfaces*, 4 (1), 11.

Textes réglementaires

Codex Alimentarius Commission., (2009). Norme pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive. *Codex-Stan*, 33-1981.

C.E.E. 2568/91 : Règlement relatif aux caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes. 9-31.

C.O.I. (2001). Préparation des esters méthyliques d'acides gras de l'huile d'olive et de l'huile de grignons d'olive COI/T.20/Doc. N° 24.

C.O.I. (2010). Méthode d'analyse. Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet. COI/T.20/Doc. n° 19/Rév 3.

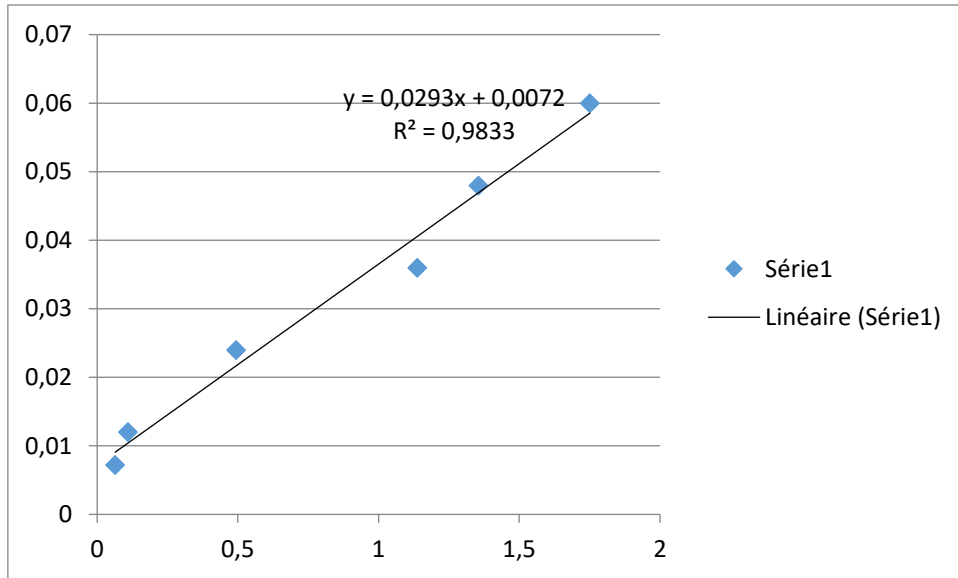
C.O.I. (2019). Normes Commerciale Applicable Aux Huiles d'olive et aux huiles de Grignons d'olive, COI/T.15/NC N° 3/Rév. 14 Novembre 2019.

Sites Webs

Taoudi A., (2018). *Qu'Est-ce Que Le Séchage*, Scribd, [https://fr.scribd.com/document/375224505/Qu-Est-ce-Que-Le-Sechage] (site consulté le 29/07/2022).

EL ATYQY M., (2018). *Conservation des aliments par le froid*, [https://scientecal.com/cours/conservation-des-aliments-par-le-froid] (site consulté le 22. 04. 2022).

Annexe



Courbe d'étalonnage d'acide gallique



Résumé

Les techniques de conservation des fruits permettent de maintenir leurs qualités nutritionnelles et de prolonger leur durée de vie. Notre travail a pour objectif de déterminer l'influence du séchage par l'air libre et étuve avec ou sans blanchiment, la congélation avec ou sans blanchiment des olives pendant 1 mois et 3 mois de stockage des olives sur la qualité physico-chimique d'huile d'olive issue de la variété locale (Chemlal).

Les résultats obtenus montrent que les huiles des olives séchées à l'air libre et séchées stockées sont classées comme des huiles d'olive vierges. Par contre les huiles des olives séchées à l'étuve (avec ou sans blanchiment) et séchées stockées sont classées comme des huiles d'olive vierges lampantes. Les huiles des olives congelées (avec ou sans blanchiment), sont classés comme des huiles d'olive vierges courantes.

Le stockage des olives traitées affecte les caractéristiques des huiles produites. L'impact s'est traduit par une perte considérable en composés phénoliques avec augmentation de l'acidité et du degré d'oxydation des huiles.

La composition en acides gras par chromatographie phase gazeuse (CPG) d'huiles des olives congelées, blanchies congelées, et séchées à l'air libre, stockées pendant 1 mois présentent un taux élevé en acide oléique par rapport au huile des olives blanchies sechées à étuvées pendant 1 mois de stockage.

Le séchage à l'air libre, la congélation, sont des méthodes efficaces et donnent à l'huile une bonne résistance vis-à-vis de l'oxydation. Cependant, ces méthodes de conservation peuvent affecter les composés fonctionnels de l'huile.

Mots clés : huile d'olive, olive, séchage, congélation, blanchiment, Chemlal, altération des olives

Abstract

Fruit preservation techniques make it possible to maintain their nutritional qualities and extend their shelf life. The objective of our work is to determine the influence of air drying and oven drying with or without bleaching, freezing with or without bleaching of olives for 1 month and 3 months of storage of olives on the physicochemical quality of olive oil from the local variety (chemlal).

The results obtained show that the oils of the olives dried in the ambient air and dried stored are classified as virgin olive oils, On the other hand the oils of the olives dried in the oven (with or without bleaching), and dried stored are classified as virgin olive oils lampante. Oils from frozen olives (with or without bleaching), are classified as ordinary virgin olive oils.

The storage of treated olives affects the characteristics of the oils produced. The impact is a considerable loss of phenolic compounds with an increase in acidity and degree of oxidation of oils.

The fatty acid composition by gas chromatography (GC) of oil from frozen olives, frozen blanched, and air-dried olives, stored for 1 month show a high level of oleic acid compared to oil from blanched olives dried in oven for 1 month of storage.

Overall, air-drying and freezing are effective methods and give the oil good resistance to oxidation. However, these preservation methods can affect the functional compounds of the oil.

Key words : olive oil, olive, drying, freezing, blanching, chemlal, alteration of the olives

ملخص:

تحافظ تقنيات حفظ الفاكهة على خصائصها الغذائية وتطيل مدة صلاحيتها. يهدف عملنا إلى تحديد تأثير التجفيف في الهواء الطلق والفرن مع التبييض أو بدون، والتجميد مع أو بدون تبييض الزيتون لمدة شهر و3 أشهر من تخزين الزيتون على الجودة الفيزيائية والكيميائية لزيت الزيتون من الصنف المحلي (شمال). .

بينت النتائج المتحصل عليها أن زيت الزيتون المجفف في الهواء الطلق والمجفف مع التخزين مصنفة كزيوت زيتون بكر، ومن ناحية أخرى، فإن زيوت الزيتون المجفف في الفرن (مع التبييض أو بدون) والمجفف مع التخزين مصنفة على أنها زيوت زيتون بكر لامبانت. تصنف الزيوت المأخوذة من الزيتون المجمد (مع التبييض أو بدون) على أنها زيوت زيتون بكر عادية. يؤثر تخزين الزيتون المعالج على خصائص الزيوت المنتجة، وينتج عن التأثير خسارة كبيرة في المركبات الفينولية مع زيادة حموضة الزيوت ودرجة أكسدها.

يُظهر تكوين الأحماض الدهنية بواسطة كروماتوغرافيا الطور الغازي (GPC) للزيت من الزيتون المجمد، المبيض المجمد، والمجفف في الهواء الطلق، المخزن لمدة شهر واحد، نسبة عالية من حمض الأوليك مقارنة بالزيت المستخلص من الزيتون المبيض والمجفف في الفرن لمدة شهر تخزين.

يعتبر التجفيف في الهواء الطلق والتجميد من الطرق الفعالة ويمنح الزيت مقاومة جيدة للأكسدة. ومع ذلك، فإن هذه الأساليب يمكن أن يؤثر الحفظ على المركبات الوظيفية للزيت.

كلمات مفتاحية: زيت زيتون، زيتون، تجفيف، تجميد، تبييض، شمال، فساد الزيتون.