

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

Université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel



Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Microbiologie Appliquée et
Sciences Alimentaires

كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية
و علوم التغذية

Mémoire de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

Impact des procédés innovants d'extraction sur la qualité de l'huile d'olive vierge

Membres de jury :

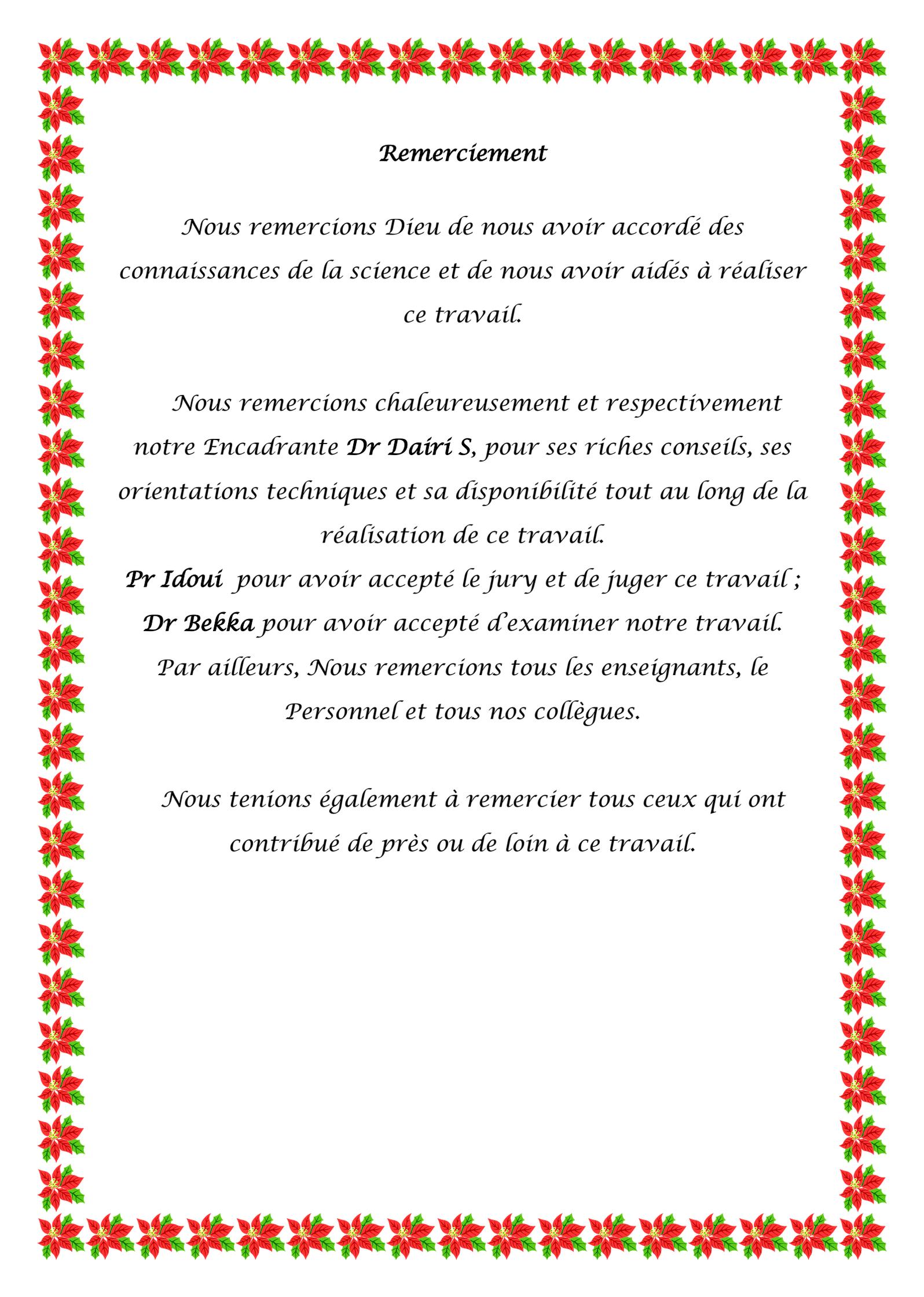
Président : Pr. IDOUI T.
Examinatrice : Dr. BEKKA F.
Encadrant : Dr. DAIRI S.

présenté par :

M^{elle} Chelaghema Lina
M^{elle} Hamouda Meriem

Année Universitaire 2020-2021

Numéro d'ordre (bibliothèque) :.....



Remerciement

Nous remercions Dieu de nous avoir accordé des connaissances de la science et de nous avoir aidés à réaliser ce travail.

*Nous remercions chaleureusement et respectivement notre Encadrante **Dr Dairi S**, pour ses riches conseils, ses orientations techniques et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail.*

***Pr Idouí** pour avoir accepté le jury et de juger ce travail ;*

***Dr Bekka** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

Par ailleurs, Nous remercions tous les enseignants, le Personnel et tous nos collègues.

Nous tenions également à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.



Dédicace

Je dédie ce travail à tous ce que j'aime et respecte, tout ce qui ont contribué à la réalisation de cette recherche.

Tout d'abord, à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs Hanane et Rima, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mon chère frère Hamza, pour l'encouragement.

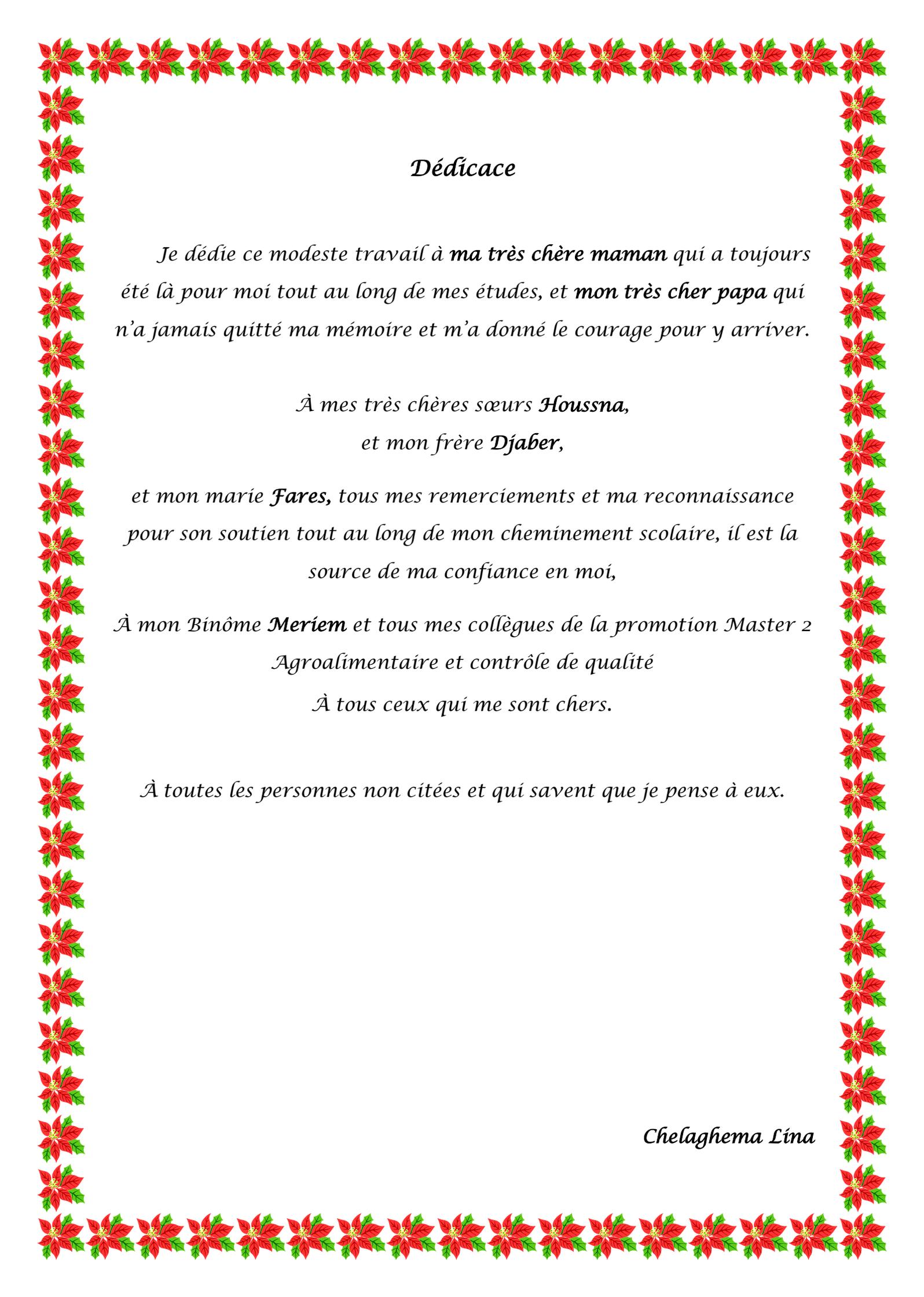
A toute ma famille, pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A mon binôme Lina qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce travail et sa famille.

Sans oublier mes brave amis de la promotion Master 2 Agroalimentaire et contrôle de qualité

Merci d'être toujours là pour moi

Hamouda Meriem



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma très chère maman qui a toujours été là pour moi tout au long de mes études, et mon très cher papa qui n'a jamais quitté ma mémoire et m'a donné le courage pour y arriver.

*À mes très chères sœurs Houssna,
et mon frère Djaber,*

et mon marié Fares, tous mes remerciements et ma reconnaissance pour son soutien tout au long de mon cheminement scolaire, il est la source de ma confiance en moi,

*À mon Binôme Meriem et tous mes collègues de la promotion Master 2
Agroalimentaire et contrôle de qualité
À tous ceux qui me sont chers.*

À toutes les personnes non citées et qui savent que je pense à eux.

Chelaghema Lina

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction..... 01

Chapitre I : généralité sur l'olivier et l'huile d'olive

I.1. Généralité sur l'olivier et les olives..... 02

I.1.1. Olivier..... 02

I.1.2. Fruit d'olivier..... 03

I.1.3. Huile d'olive..... 04

I.2. Classification de l'huile d'olive..... 04

I.3. Production mondiale de l'huile d'olive..... 06

I.4. Bienfait de l'huile d'olive vierge..... 07

I.5. Composition générale des huiles d'olive 07

I.5.1.Fraction saponifiable (fraction huileuse) 07

I.5.2.Fraction insaponifiable 08

I.6. Paramètres d'évaluation de la qualité de l'huile d'olive..... 10

I.6.1. Paramètres sensoriels..... 10

I.6.2. Paramètres chimiques..... 12

I.7. Facteur influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive..... 13

Chapitre II : Méthodes d'extraction : entre la tradition et l'innovation

II.1.Extraction de l'huile à partir des olives..... 15

II.1.1. Récolte, Stockage, effeuillage et lavage des olives..... 15

II.1.2. Stockage des olives avant broyage..... 16

II.1.3. Effeuillage et lavage 16

II.1.4. Broyage et Malaxage..... 16

II.1.5. Extraction..... 17

II.1.5.1. Extraction conventionnelle d'huile d'olive..... 17

II.1.5.2. Extraction innovante d'huile d'olive 21

II.2.1. Extraction assistée par ultrasons..... 21

II.2.1.1. Définition des ultrasons..... 21

II.2.1.2. Principe..... 21

II.2.1.3. Avantages des ultrasons..... 23

II.2.1.4. Application de la technique d'ultrason dans l'extraction d'huile d'olive..... 23

II.2.1.5. Impact de traitement par ultrasons sur l'huile d'olive vierge.....	24
II.2.2. Extraction assistée par microondes.....	37
II.2.2.1. Définition.....	37
II.2.2.2. Principe.....	38
II.2.2.3. Avantages de l'extraction assistée par micro-ondes.....	38
II.2.2.4. Application de la technique de microonde dans l'extraction d'huile d'olive.....	39
II.2.2.5. Impact de traitement par microonde sur la qualité d'huile d'olive vierge.....	40
II.2.3. Extraction assistée par les champs électiques pulsés.....	42
II.2.3.1. Définition.....	42
II.2.3.2. Applications de la technologie des champs électriques pulsés dans le processus d'élaboration de l'huile d'olive vierge.....	43
II.2.3.3. Impact des champs électiques pulsés sur la qualité d'huile d'olive vierge	43
II.2.4. Combinaison de ces technologies émergentes.....	49
II.2.4.1. Traitement combiné par micro-ondes-mégasons.....	49
II.2.4.2. Traitement combiné par ultrasons, micro-ondes et échange thermique.....	52
II.3. Acceptation par les consommateurs de l'huile d'olive traitée par les technologies émergentes.....	55
II.3.1. Par ultrasons	55
II.3.2. Par Champs électriques pulsés.	56
Conclusion.....	57
Références bibliographiques.....	58
Résumé	

Liste des abréviations

Caractères

ADN	Acide Désoxyribose Nucléique
ADUS	Application Directe d'Ultrasons par la tête de la Sonde
AGMI	Acides Gras Mono Insaturés
AGS	Acides Gras Saturés
AIUB	Application Indirecte d'Ultrasons par le Bain
C	Contrôle
CEP	Champs Eclectiques Pulsés
CPT	Contenant en Polyphénol Totaux
DPU	Dispositif Pilote à Ultrasons de haute puissance
EAM	Extraction Assistée par Micro-ondes
EAU	Extraction Assistée par Ultrason
ECS	Échangeur de Chaleur à Serpentin
HOV	Huile d'Olive Vierge
IIC	Installation Industrielle Combinée
IM	Indice de Maturation
M	Malaxation
MEB	Microscope Electronique à Balayage
MM	Machine à Malaxer
MS	Mégassonnette
OPST	Olivier Passé Sans Traitement
POX	Peroxydase
PPO	Polyphénol Oxydase
PTM	Potentiel Transmembranaire
SCM	Système Continu assisté par Micro-ondes pour le conditionnement de la pâte d'olive
SMC	Système de Micro-ondes en Continu
SPM	Système Prototype à Microonde
UE	Union Européen
UHP	Ultrasons de Haute Puissance

VA	Valeur de l'Acidité
WM	Microonde + Malaxation
WO	Microonde

Unités

gHz	gigahertz
meq	milliéquivalent
mHz	mégahertz
mg Eq AC/ Kg	microgramme Equivalent acide Caféique par kilogramme
mg Eq AG / Kg	microgramme Equivalent acide Gallique par kilogramme
µg/Kg	microgramme/Kilogramme

Liste des tableaux

Tableau 01 : Évolution de la production des olives dans le monde	06
Tableau 02 : Indice de peroxyde des déférentes variétés de l'huile d'olive.....	12
Tableau 03 : Acidité des déférentes variétés de l'huile d'olive.....	12
Tableau 04 : Coefficients d'extinction des déférentes variétés de l'huile d'olive.....	13
Tableau 05 : Facteurs influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive avant l'extraction d'huile d'olive.....	13
Tableau 06: Facteurs influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive durant l'extraction d'huile d'olive.....	14
Tableau 07: Facteurs influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive après l'extraction d'huile d'olive	14
Tableau 08 : Caractéristiques de l'huile d'olive vierge obtenue à partir d'olive de bonne qualité par trois systèmes de traitement différents.....	20
Tableau 09 : Effet du traitement par ultrasons sur le rendement du procédé et l'extractibilité de l'huile.....	24
Tableau 10: Rendement de l'huile d'olive (cv. Memecik) en fonction de différents prétraitements aux ultrasons.....	25
Tableau 11 : Rendement de l'huile d'olive (cv. Chemlali) en fonction de différents prétraitements aux ultrasons.....	25
Tableau 12 : Effet du traitement par ultrasons sur les paramètres de qualité et de nutrition de l'huile d'olive vierge.....	26
Tableau 13 : Effets des ultrasons sur l'indice de qualité de l'huile d'olive vierge de la variété Picual.....	27
Tableau 14 : Effets des ultrasons sur l'indice de qualité de l'huile d'olive vierge de la variété Arbequina.....	27
Tableau 15 : Paramètres d'acide oléique et la valeur peroxyde de l'huile d'olive (cv. Memecik) en fonction de différents prétraitements aux ultrasons.....	28
Tableau 16: Activités enzymatiques dans la pâte d'olive en fonction des différents prétraitements par ultrasons.....	31
Tableau 17 : Effets des ultrasons sur les composants mineurs de l'huile d'olive vierge de la variété Picual.....	33
Tableau 18 : Effet d'ultrason sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés	36

bioactifs de l'huile d'olive extra vierge.....	
Tableau 19 : Performances quantitatives des trois méthodes de conditionnement.....	40
Tableau 20 : Composée mineure de l'huile d'olive.....	41
Tableau 21 : Descripteurs du panel sensoriel formé pour l'huile d'olive vierge.....	42
Tableau 22 : Composition en phytostérols des échantillons d'huile d'olive témoin et traité par champs électrique pulsés.....	44
Tableau 23 : Composés volatils détectés dans l'huile d'olive vierge.....	45
Tableau 24 : Paramètres de qualité juridique de l'huile d'olive vierge témoin et traité par champs électrique pulsés de trois cultivars italiens.....	45
Tableau 25 : Concentration totale et individuelle en tocophérol présentée dans les huiles d'olive témoin et traité par champs électrique pulsés.....	47
Tableau 26 : Valeurs des attributs sensoriels des huiles de témoin et traité par champs électrique pulsés	47
Tableau 27 : Effet du champ électrique pulsé sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés bioactifs d'huile d'olive vierge	48
Tableau 28 : Teneur en phénol total de l'huile d'olive après différent traitement.....	50
Tableau 29 : Paramètres d'huile d'olive vierge standard survient par le COI, 2017.....	50
Tableau 30 : Descripteurs du panel sensoriel formé pour l'huile d'olive vierge.....	51
Tableau 31 : Composés volatils évalués dans les huiles d'olive.....	51
Tableau 32 : Résultats quantitatifs du traitement des olives d'Arbosana.....	53
Tableau 33 : Contenu phénolique total, tocophérols et pigments des échantillons d'huile d'Arbosana.....	53
Tableau 34 : Effet des technologies émergentes sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés bioactifs de l'huile d'olive extra vierge.....	54

Listes des figures

Figure 01 : Schéma de la taxonomie du genre <i>Olea</i> (Oleaceae).....	02
Figure 02 : Aspect morphologique d'un olivier cultivé (A), feuilles (B) ; inflorescence (C) ; fruits (D) ; endocarpe (E).....	03
Figure 03 : Structure du fruit d'olive.....	04
Figure 04 : Structure des acides gras majeurs de l'huile d'olive	08
Figure 05 : Structures chimiques des caroténoïdes.....	09
Figure 06 : Techniques de cueillette des olives.....	16
Figure 07 : Système d'extraction par centrifugation	19
Figure 08 : Extraction par presse.....	20
Figure 09 : Fréquences des ondes sonores et leur application.....	21
Figure 10 : Schéma démonstratif de la cavitation ultrasonore.....	22
Figure 11 : Libération des composés solubles piégés dans la phase huileuse après la rupture de la paroi cellulaire par les ultrasons.....	23
Figure 12 : Temps de traitement aux ultrasons et temps de malaxage	29
Figure 13 : Tracé de contour de l'extractibilité de l'huile d'olive en fonction du niveau de puissance méga sonique et du temps de malaxage.....	30
Figure 14 : Effet des temps de traitement aux ultrasons sur les tocophérols (A), les caroténoïdes totaux (B), les chlorophylles (C), et les polyphénols totaux (D) de huiles.....	35
Figure 15 : Spectre électromagnétique.....	37
Figure 16 : Différence entre le chauffage microonde et le chauffage conventionnel.....	38
Figure 17 : Trajectoire de l'usine d'extraction d'huile d'olive.....	39
Figure 18 : Image par microscope électronique à balayage de la pâte d'olive soumise à la condition de malaxage.....	41
Figure 19 : Image par microscope électronique à balayage de la pâte d'olive soumise à la condition de microonde.....	41
Figure 20 : Image par microscope électronique à balayage de la pâte d'olive soumise à la condition de microonde + malaxage.....	41
Figure 21 : Effet du champ électrique sur la membrane cellulaire	43
Figure 22 : Rendement d'extraction obtenu en production pilote d'huile d'olive témoin et traité par champs électrique pulsés	44

Figure 23 : Composition phénolique d'huile d'olive témoin et traité par champs électrique pulsés des trois différents cultivars d'olives italiennes. La teneur en composés phénoliques a été exprimée en phénols totaux, dérivés de l'oleuropéine, dérivés du ligstroside et les lignanes.....	46
Figure 24 : Configuration de plans testées : la ligne continue est le témoin; le linge pointillée est le témoin + MS; linge pointillée : WO; linge pointillée-pointillée : WO+MS	49

*Introduction
générale*

L'oléiculture est répandue dans toute la région méditerranéenne Elle est importante pour l'économie rurale, le patrimoine local et l'environnement (Kandylis et *al.*, 2011).

L'huile d'olive est l'huile extraite du fruit de l'olivier, *Olea europea* L. (Kiritsakis et Markakis, 1987). Sa consommation a augmenté ces dernières années en raison de ses caractéristiques sensorielles uniques, ainsi que de ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques (Kandylis et *al.*, 2011).

Dans le monde, la consommation totale d'huile d'olive est passée de 1 666 500 tonnes en 1990/1991 à 2 978 000 tonnes sur la période 2017/2018 après 27 ans (Aydar, 2019).

L'huile d'olive contient certains constituants mineurs, notamment des composés phénoliques, qui contribuent à la stabilité de l'huile, à sa capacité antioxydant, à son amertume et à son piquant, et qui ont des propriétés biologiques importantes (Boskou, 2008).

La stabilité oxydative de l'huile d'olive dépend de la variété et de la qualité de l'olive, de la zone de culture, du moment de la récolte, du degré d'insaturation et des niveaux d'antioxydants (phénols hydrophiles, tocophérols et carotènes), et elle est également affectée par les systèmes d'extraction de l'huile et les conditions de stockage (Boskou, 2008).

Les techniques d'extraction émergentes (ultrasons, des micro-ondes et des champs électriques pulsés) visent à améliorer la qualité et les propriétés physicochimiques des huiles et à réduire le temps de traitement et l'énergie consommée pendant l'extraction par rapport aux méthodes traditionnelles (Aydar, 2019).

Dans ce travail, nous avons fait une synthèse bibliographique et dont deux axes principaux sur l'huile d'olive sont abordés. Dans un premier chapitre, nous avons fait une description générale de l'olivier en donnant des généralités sur l'olivier, les olives, la définition d'huile d'olive et sa classification, sa composition et sa technologie d'extraction. Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié l'impact des différentes techniques d'extraction émergentes sur la qualité et le rendement de l'huile d'olive.

Pendant l'extraction conventionnelle de l'huile d'olive, il se produit des pertes de composés phénoliques, le rendement en l'huile est assez variable et des dégradations de composés bioactifs. De même, les consommateurs demandent la qualité (huile plus riche) et les producteurs cherchent le meilleur rendement (paramètre économique) c-à-d des procédés d'extractions plus rentables et moins couteux. De ce fait, de nouvelles techniques innovantes plus efficaces telle que l'extraction assistée par ultrason et d'autres sont mise au points.

Chapitre I :

Olivier et huile d'olive

I.1. Généralité sur l'olivier et les olives

I.1.1. Olivier

L'olivier (*Olea europaea* L.) est la principale espèce cultivée appartenant à la famille monophylétique des Oleaceae (Muzzalupo, 2012). C'est un arbre à croissance lente qui peut atteindre 15 mètres de hauteur selon la nature du sol et les conditions climatiques. Il est taillé entre 3 et 5 mètres pour en améliorer la productivité. C'est un arbre fruitier à feuilles persistantes toujours vertes (Assami, 2014).

Ses principales ressources génétiques sont classées taxonomiquement

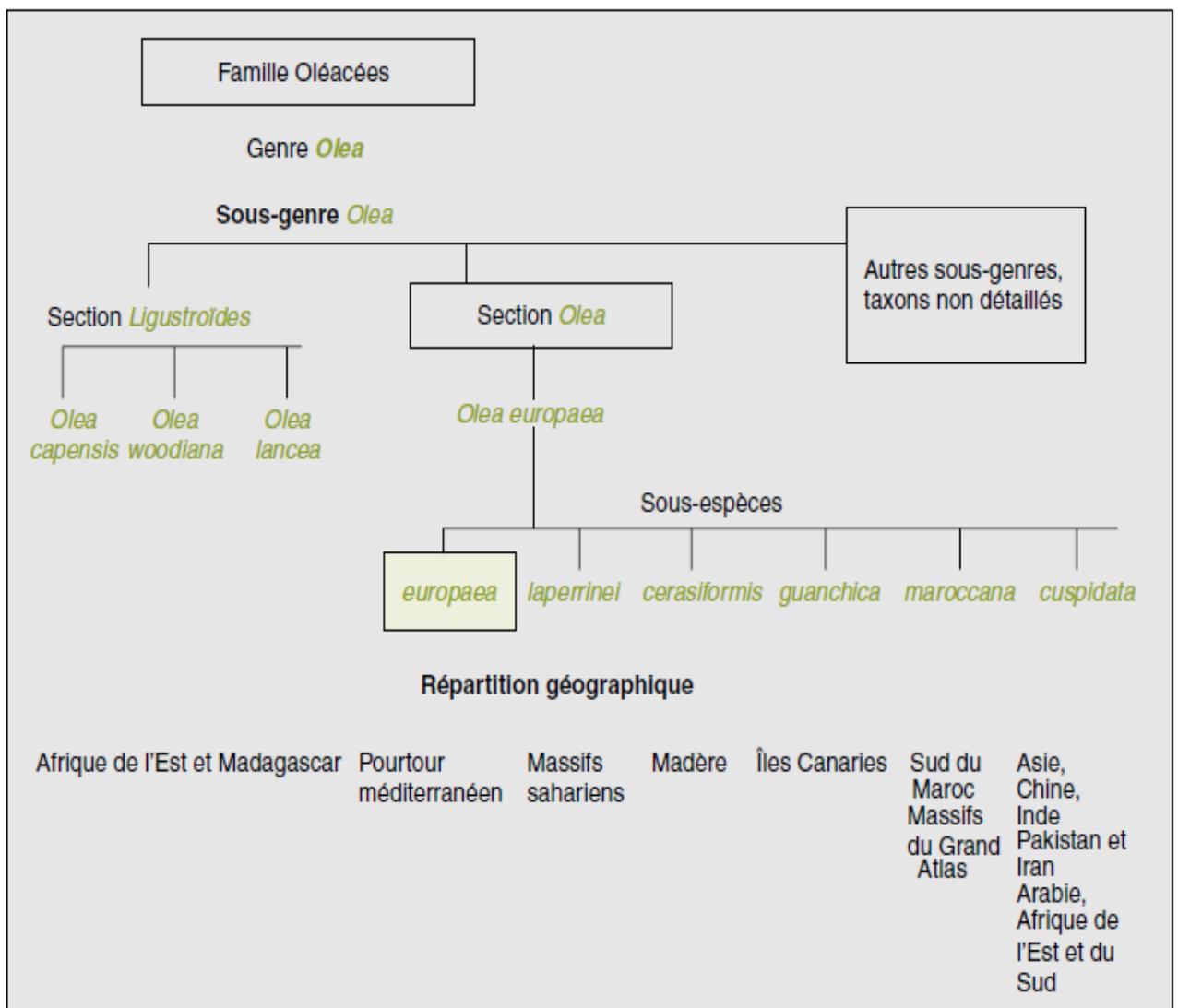


Figure 01: Schéma de la taxonomie du genre *Olea* (Oleaceae) (Breton et al., 2006).

I.1.2. Fruit d'olivier

Le fruit de l'olivier est une drupe, botaniquement similaire aux amandes, abricots, cerises, nectarines, pêches (Muzzalupo, 2012). L'olive est une drupe à mésocarpe charnu indéhiscente, à noyau. Sa forme est ovoïde ou ellipsoïde. Sa dimension évolue selon les variétés. La paroi de ce fruit est constituée de l'épicarpe (épiderme ou peau) solidement attaché à la pulpe. A maturation, l'épicarpe passe de la couleur vert tendre (olive verte), à la couleur violette ou rouge (olive tournante) puis à la coloration noirâtre (olive noire). Le mésocarpe charnu est riche en huile. L'endocarpe est constitué par un noyau fusiforme, très dur. A l'intérieur du noyau se trouve une seule graine contenant l'embryon et l'albumen (Assami, 2014).



Figure 02 : Aspect morphologique d'un olivier cultivé (A), feuilles (B) ; inflorescence (C) ; fruits (D) ; endocarpe (E) (Muzzalupo, 2012)

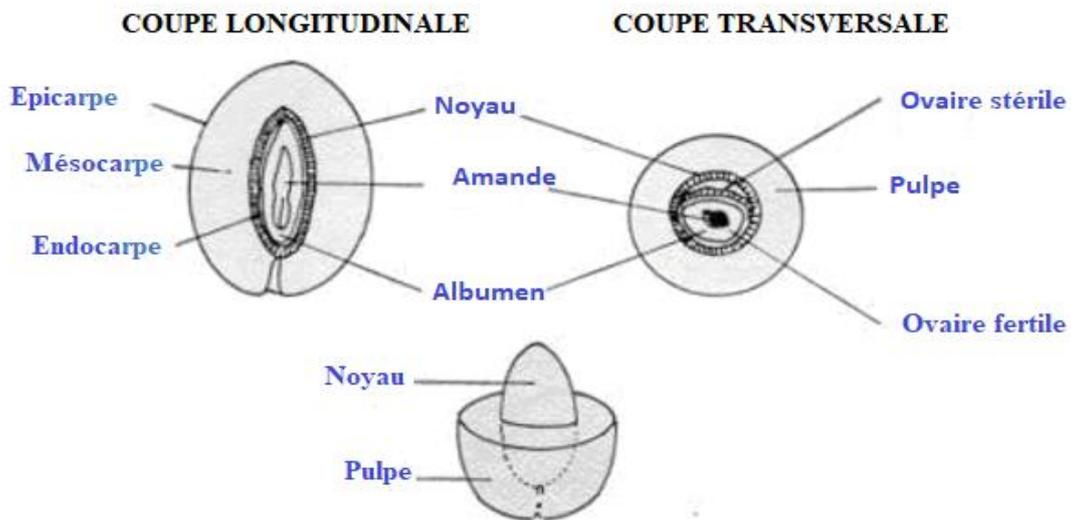


Figure 03 : Structure du fruit d'olive (Assami, 2014).

I.1.3. Huile d'olive

Selon le Codex Alimentarius (1981), l'huile d'olive est l'huile obtenue uniquement à partir du fruit de l'olivier (*Olea europaea* L.), à l'exclusion des huiles obtenues à l'aide de solvants ou de procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autres types. Les huiles d'olive vierges sont des huiles obtenues à partir du fruit de l'olivier uniquement par des moyens mécaniques ou physiques dans des conditions, notamment thermiques, qui n'entraînent pas d'altérations de l'huile, et qui n'ont subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration.

I.2. Classification de l'huile d'olive

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

I.2.1. Huiles d'olive vierges : huiles obtenues à partir du fruit de l'olivier (*Olea europaea* L.) uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions, thermiques notamment, qui n'entraînent pas l'altération de l'huile, et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration.

Elles font l'objet du classement et des dénominations ci-après :

I.2.1.1. Huiles d'olive vierges propres à la consommation en l'état

i) Huile d'olive vierge extra : Huile d'olive vierge dont les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à la norme commerciale du Conseil oléicole international prévue pour cette catégorie ; dont l'acidité $\leq 0,8$ %.

ii) Huile d'olive vierge : Huile d'olive vierge dont les caractéristiques physicochimiques et organoleptiques correspondent à la norme commerciale du Conseil oléicole international prévue pour cette catégorie ; dont l'acidité ≤ 2 %.

iii) Huile d'olive vierge courante : Huile d'olive vierge dont les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles à la norme commerciale du Conseil oléicole international prévue pour cette catégorie¹; dont l'acidité ≤ 3.3 % (CNUCED), 2005).

I.2.1.2. Huile d'olive vierge lampante (non propre à la consommation en l'état)

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 organoleptiques et les autres caractéristiques correspondent à celles fixées pour cette catégorie par la présente Norme. Elle est destinée aux industries du raffinage ou à des usages techniques (COI, 2015).

I.2.2. Huile d'olive raffinée : huile d'olive obtenue à partir des huiles d'olive vierges par des techniques de raffinage qui n'entraînent pas de modifications de la structure glycéridique initiale. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,3 g/100 g et ses autres caractéristiques correspondent à celles prescrites pour cette catégorie.

I.2.3. Huile d'olive : huile constituée par le coupage d'huile d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges propres à la consommation humaine. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 1 g/100 g et ses autres caractéristiques correspondent à celles prescrites pour cette catégorie.

I.2.4. 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 ré estérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature. Elle est commercialisée selon les dénominations et définitions ci-après :

a. Huile de grignons d'olive brute : est l'huile de grignons d'olive dont les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques correspondent à celles fixées pour cette catégorie par la présente Norme. Elle est destinée au raffinage en vue de son utilisation pour la consommation humaine ou destinée à des usages techniques.

b. 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. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,30 gramme pour 100 grammes et ses autres caractéristiques physicochimiques et organoleptiques correspondent à celles fixées pour cette catégorie par la présente Norme (COI, 2019).

I.3. Production mondiale de l'huile d'olive

L'huile d'olive a été utilisée par l'homme pour de nombreuses tâches depuis l'Antiquité. L'arbre est aujourd'hui cultivé dans de nombreux pays (Boskou, 2008). L'Espagne, l'Italie et la Grèce sont, de très loin, les régions qui ont un nombre considérable d'oliviers, elles consomment beaucoup et exportent largement (tableau 01). Il y a ensuite six pays importants: la Turquie, la Tunisie, la Syrie, le Maroc, l'Algérie, le Portugal. Ils ont toujours beaucoup connu de consommation locale, olives et huiles y sont une base alimentaire indispensable. La Tunisie et la Turquie, le Maroc dans une moindre mesure exportent actuellement et augmentent leurs plantations. Les États-Unis sont les premiers importateurs mondiaux: la consommation d'huile d'olive y augmente d'année en année (Stéphanie, 2003).

Tableau 01 : Evolution de la production des olives dans le monde (FAO, 2020).

Zone		2015	2016	2017	2018
Algérie	Superficie récoltée	406.571	424.028	432.961	431.009
Turquie		836.935	845.542	846.062	864.428
Espagne		2.351.370	2.521.694	2.554.829	2.579.001
Grèce		821.206	965.000	871,892	963,120
Portugal		351,340	356,183	358.276	361.483
Monde		10.141.126	10.604.658	10.804.517	10.513.320
Algérie		Rendement (hg/ha)	16.079	16.424	15.809
Turquie	20.312		20.460	24.821	17.358
Espagne	25.295		28.086	25.636	38.075
Grèce	35.410		29.839	31.202	11.204
Portugal	20.575		13.364	24.456	20.475
Monde	20.308		19.185	1.939	20.037
Algérie	Production (tonnes)		653.725	696.436	684.461
Turquie		1.700.000	1.730.000	2.100.000	1.500.467
Espagne		5.947.700	7.082.550	6.549.499	9.819.569
Grèce		2.907.866	2.879.500	2.720.488	1.079.080
Portugal		7.22.893	476.003	876.215	740.151
Monde		20.595.045	20.344.597	20.872.788	21.066.062

- ✓ Comparativement aux autres pays de la Méditerranée, l'Algérie est considérée comme ayant une faible production et consommation (1,7% de la production mondiale et 1,5% de la consommation mondiale) (Hadjou et *al.*, 2013).

I.4. Bienfait de l'huile d'olive vierge

Dans les temps anciens, les Méditerranéens considéraient l'huile d'olive non seulement comme un excellent aliment mais aussi comme un agent de guérison. Au cours des quatre dernières décennies, les aspects nutritionnels et sanitaires de l'huile d'olive ont suscité un regain d'intérêt. Les Méditerranéens (italiens et grecs en particulier) qui consomment des quantités considérables d'huile d'olive ont une incidence de maladies coronariennes beaucoup plus faible que les autres (Finlande, États-Unis), qui consomment davantage de graisses saturées. Il est également à signaler que le taux de cholestérol sérique chez les consommateurs d'huile d'olive était nettement inférieur à celui des personnes consommant davantage de graisses saturées (Kiritsakis et Markakis, 1988).

I.5. Composition générale des huiles d'olive

L'huile d'olive est caractérisée d'une part par sa composition en acides gras, d'autre part par sa richesse en composants mineurs, notamment en antioxydants. Le principal constituant lipidique de l'huile d'olive est un acide gras mono insaturé, l'acide oléique. Celui-ci représente 65 % à 80 % des acides gras de l'huile d'olive. L'huile contient aussi plusieurs agents antioxydants naturels (en plus de la vitamine E), dans des proportions qui sont favorables pour prévenir le vieillissement et les maladies cardiovasculaires (Jacotot, 1996).

I.5.1. Fraction saponifiable (fraction huileuse)

I.5.1.1. Les acides gras de l'huile d'olive

La résistance des huiles d'olive vierges à l'oxydation est plus élevée que celle des autres huiles comestibles en raison de leur teneur en antioxydants naturels et de leur faible taux d'insaturation. Plus le nombre de doubles liaisons dans les acides gras sont élevé, plus la période d'induction de l'autoxydation de l'huile est courte.

Les huiles plus riches en acides gras mono insaturés (AGMI) et plus pauvres en acides gras saturés (AGS) sont préférées en raison de l'effet bénéfique avéré des AGMI sur le taux de cholestérol sérique.

Les principaux acides gras présents sous forme de glycérides dans l'huile d'olive sont l'acide oléique (18 : 1), linoléique (18 : 2), palmitoléique (16 : 1), palmitique (16 : 0) et stéarique (18 : 0) (Mezghache et *al.*, 2010).

Le Comité du Codex Alimentarius sur les graisses et les huiles de la FAO/OMS (1970) a fixé les limites inférieures et supérieures suivantes pour la teneur de l'huile d'olive en trois acides principaux : oléique, 56-83% ; palmitique, 7-20 % ; et linoléique, 3-20 % (figure 05). Les larges fourchettes qui apparaissent dans le tableau sont dues à la fois à des facteurs génétiques et aux conditions environnementales qui prévalent au cours du développement de l'olive.

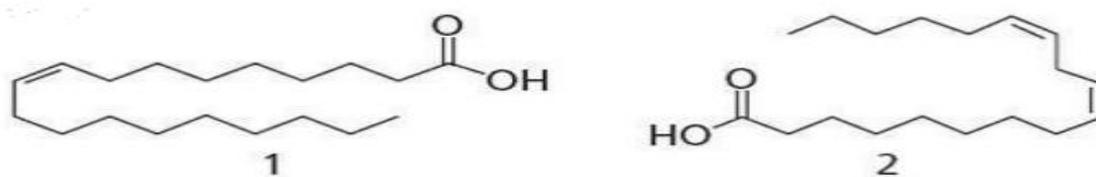


Figure 04: Structure des acides gras majeurs de l'huile d'olive, (1) acide oléique, (2) acide linoléique (Clark et *al.*, 2010).

I.5.1.2. Glycérides de l'huile d'olive

La plupart des acides gras de l'huile d'olive sont présents sous forme de triglycérides (triacylgcérols). La répartition de ces acides dans la molécule de glycérol suit la règle du 1,3-random-2-random (Kiritsakis et Markakis, 1988).

I.5.2. Fraction insaponifiable

I.5.2.1. Composés phénoliques

Les huiles d'olive vierges sont riches en composés phénoliques appartenant à diverses familles : (phénols et hydroxyphénols, acides et alcools phénols, sécoïridoïdes, lignanes, flavonoïdes...). Certains composés phénoliques confèrent aux huiles vierges une saveur amère et une sensation de piquant (servili et *al.*, 2004).

Les composés phénoliques, improprement appelés souvent « polyphénols », sont responsables de la bonne stabilité à l'oxydation des huiles d'olive vierges. Outre leur propriété anti-oxydante, ils possèdent d'intéressantes propriétés nutritionnelles et organoleptiques.

En effet, leurs propriétés antioxydant sont dues à leur capacité à former une liaison hydrogène intramoléculaire entre l'hydrogène libre du groupement hydroxy et l'hydroxyle du radical phénoxy pour conduire à la formation d'une quinone (Ollivier et *al.*, 2004).

I.5.2.2. Pigments

Les pigments chlorophylliens sont responsables de la couleur verte des plantes et des aliments d'origine végétale (Aparicio-ruiz *et al.*, 2010).

a. Chlorophylle

Les chlorophylles et leurs dérivés sont présents dans les huiles d'olive en quantités variables, principalement sous la forme de produits de dégradation tels que les phéophytines. La teneur en chlorophylles et leurs dérivés dépend du stade de maturité de l'olive qui diminue continuellement du début à la fin de la période de cueillette des olives. En présence de lumière, les chlorophylles et leurs dérivés sont les promoteurs les plus actifs de l'oxydation photosensible dans l'huile d'olive vierge, ce qui contribue grandement à sa sensibilité à l'oxydation (Velasco et Dobarganes, 2002).

b. Les caroténoïdes

Pigments lipophiles sensibles aux rayons ultraviolets et à la chaleur, β -carotène, sont des précurseurs de la vitamine A (Jacques, 2007).

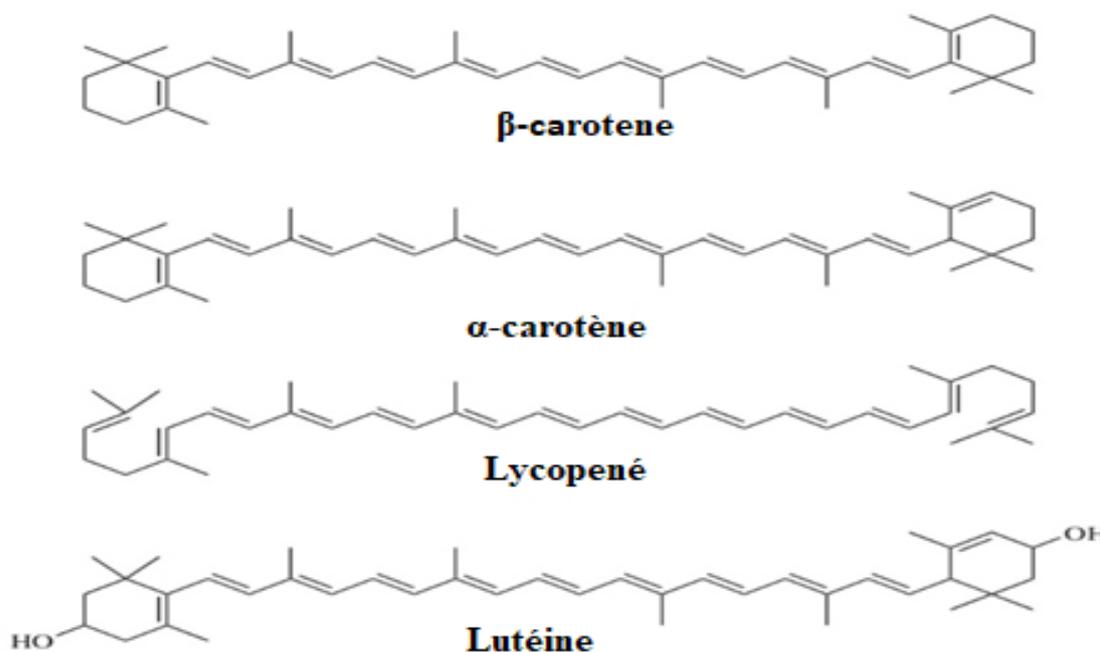


Figure 05: Structures chimiques des caroténoïdes (Shahidi et Ying, 2005).

I.5.2.3. Tocophérol

Dans l'HOV, l' α -tocophérol domine avec une concentration atteignant 95 % de la teneur totale en tocophérols. Les tocophérols exercent des propriétés à la fois vitaminiques et anti oxydantes et leur présence dans l'huile est également cruciale pour la stabilité des lipides polyinsaturés sensibles à l'autoxydation (Achat, 2013).

I.5.2.4. Stérols

Les stérols font partie des constituants mineurs des corps gras, ce sont des composés tétracycliques comportant 27 à 29 atomes de carbone. Ils sont présents sous forme libre (80%) et estérifiée. Ils représentent 30 à 60% de l'insaponifiable. Les stérols proviennent de la saponification d'esters d'acides gras. Dans une huile d'olive vierge, les stérols les plus trouvés sont le β -Sitostérol, 5-Avenastérol et Campesterol avec des pourcentages respectifs d'environ 80 à 85%, 7% et 2,90 à 4% (Giuffré et al., 2012).

I.6. Paramètres d'évaluation de la qualité de l'huile d'olive

I.6.1. Paramètres sensoriels

De nombreuses qualités gustatives (caractéristiques organoleptiques) permettent de caractériser une huile d'olive extra vierge. En effet, c'est une huile claire, de couleur jaune à vert, d'odeur et de saveurs spécifiques, exempte d'odeurs ou de saveurs révélant une altération ou une pollution de l'huile (CODEX STAN 33-1981.2015).

Les composés volatils (aldéhydes, cétones, esters, alcools saturés et insaturés et autres) sont responsables de l'arôme de l'huile, tandis que le goût est influencé par tous les composants. L'évaluation des qualités sensorielles est basée sur les descripteurs positifs et négatifs des composants sensoriels de l'huile d'olive. La plupart de ces composés sensoriels sont polaires ou solubles dans l'eau, et sont malheureusement perdus à un degré plus ou moins élevé pendant l'extraction - surtout dans l'ancienne méthode d'extraction d'un décanteur à trois phases, où une énorme quantité d'eau est ajoutée au cours du processus. Dans l'huile raffinée, presque tous ces composés sensoriels seraient perdus, y compris les mauvaises arômes. Pour l'huile d'olive extra-vierge, la moyenne des défauts est nulle et la moyenne de l'attribut fruité est supérieure à zéro. Pour l'huile d'olive vierge, la moyenne des défauts est supérieure à zéro mais inférieure ou égale à 2,5, et la moyenne de l'attribut fruité est supérieure à zéro (Israelow et Goldman, 2009).

Les attributs varient en fonction de la variété, stade de la maturité et de la période de la récolte du fruit (COI, 2018^a).

Attributs négatifs

Chômé/Lies

- Flaveur caractéristique de l'huile tirée d'olives entassées ou stockées dans des conditions telles qu'elles se trouvent dans un état avancé de fermentation anaérobie ou de l'huile restée en contact avec les « boues » de décantation, ayant elles aussi subi un processus de fermentation anaérobie, dans les piles et les cuves.

Moisi – humide –terre

- Flaveur caractéristique de l'huile obtenue d'olives attaquées par des moisissures et des levures suite à un stockage des fruits pendant plusieurs jours dans l'humidité ou de l'huile obtenue d'olives ramassée avec de la terre ou boueuses et non lavées.

Vineux-vinaigré

- Flaveur caractéristique de certaines huiles rappelant le vin ou le vinaigre.

Acide-aigre

- Elle est due fondamentalement à un processus de fermentation aérobie des olives ou des restes de pâte d'olive dans des scourtins qui n'auraient pas été correctement lavés, de qui donne lieu à la formation d'acide acétique, d'acétate d'éthyle et d'éthanol.

Rance

- Flaveur des huiles ayant subi un processus d'oxydation intense.

Olive gelée(Bois humide)

- Flaveur caractéristique d'huiles extraites d'olives ayant fait l'objet d'un processus de congélation sur l'arbre.

Attributs positifs

Fruité

- Ensemble des sensations olfactives caractéristiques de l'huile, dépendant de la variété des olives, provenant de fruits sains et frais, verts ou mûrs, perçues par voie directe et/ou rétro nasale.

Amer

- Goût élémentaire caractéristique de l'huile obtenue d'olives vertes ou au stade de la véraison, perçu par les papilles caliciformes formant le V lingual.

Piquant

- Sensation tactile de picotement, caractéristique des huiles produites au début de la campagne, principalement à partir d'olives encore vertes pouvant être perçu dans toute la cavité buccale, en particulier dans la gorge.

I.6.2. Paramètres chimiques

De nombreuses paramètres chimiques permettent de caractériser une huile d'olive extra vierge : l'indice de peroxyde, l'acidité, l'absorbance spécifique à 232 (K232), et à 270 nm (K270) (Ouedrhiri et *al.*, 2017).

Tableau 02: Indice de peroxyde de différentes variétés de l'huile d'olive

L'indice de peroxyde (Ip) est le nombre de milliéquivalent d'oxygène par kilogramme de corps gras (Ouedrhiri et *al.*, 2017).

Catégories d'huile d'olive	Valeur limite de l'indice de peroxyde
Vierge extra	≤20 méq O2/Kg
Vierge	≤20méq O2/Kg
Vierge courante	≤20méq O2/Kg
Raffinée	≤5méq O2/Kg

Tableau 03: Acidité des différentes variétés de l'huile d'olive

L'acidité (A) est le pourcentage d'acides gras libres exprimé conventionnellement selon la nature du corps gras, en poids moléculaire d'acides oléiques de (282) (Ouedrhiri et *al.*, 2017).

Catégories d'huile d'olive	Valeur limite de l'indice d'acidité
Vierge extra	≤0,8
Vierge	≤2
Vierge courante	≤3,3
Raffinée	≤0,3

Tableau 04: Coefficients d'extinction des différentes variétés de l'huile d'olive

Catégories d'huile d'olive	Valeur limite autorisé	
	K270	K232
Vierge extra	≤ 0,20	≤ 2,4
Vierge	≤ 0,25	≤ 2,5
Vierge courante	≤ 0,30	-
Raffinée	≤ 1,10	-

I.7. Facteur influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive

Dans le tableau ci-après sont résumés tous les différents facteurs qui peuvent influencer la composition et la stabilité de l'huile d'olive (Velasco et Dobarganes, 2002).

Tableau 05: Facteurs influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive avant l'extraction.

Principales variable	commentaires	Principales mesures pour maximiser la stabilité
Variété et condition environnementales, climatiques et pédologiques	Paramètres fixes définissant les différences inévitables dans la composition de l'huile d'olive vierge	-Eviter l'infection des olives murir Convenablement à la récolte -Eviter la fermentation pendant le stockage
Condition de culture	Le déficit d'irrigation augmente la teneur en poly phénols	
Degré de maturité	La maturité augmente l'acide gras polyinsaturé et diminue les teneurs en poly phénols et en pigments	
Infection de l'olive	Diminution des poly phénols et augmentation des acides gras libres	
Stockage de l'olive	Le stockage favorise la fermentation, augmentant les acides gras libres et les glycérides partiels.	

Tableau 06: Facteurs influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive durant l'extraction.

Principales variable	commentaires	Principales mesures pour maximiser la stabilité
Broyage	Le Broyage à marteaux augmente la concentration en poly phénols par rapport aux broyage à pierres	-Eviter la contamination par les métaux -Quantité minimale d'eau ajoutée -Les huiles ne doivent pas être filtrées.
Préparation de la pâte d'olive	Les poly phénols augmentent avec la température et diminuent avec le temps et l'ajout d'eau	
Système d'extraction de l'huile	La percolation donne la plus haute teneur en poly phénols L'ajout d'eau dans le système de centrifugation à trois phases diminue la concentration en poly phénols.	
Filtrage	Les matériaux en suspension dispersés agissent comme des stabilisateurs d'huile.	

Tableau 07: Facteurs influençant la composition et la stabilité de l'huile d'olive après l'extraction.

Principales variable	commentaires	Principales mesures pour maximiser la stabilité
Stockage de l'huile	Certaines matériaux favorisent la contamination par le métal	-Stockage dans l'obscurité -Espace de tête minimum
Emballage de détail la lumière favorise la photo –oxydation	La lumière favorise la photo –oxydation	-Emballage imperméable

Chapitre II :

**Les méthodes d'extraction :
entre la tradition et
l'innovation**

II.1. Extraction de l'huile à partir des olives

II.1.1. Récolte, Stockage, effeuillage et lavage des olives

a. La période de récolte des olives (la maturation)

La qualité et la teneur de l'huile d'olive est liée avec la maturation qui s'étend sur quelques mois, de nombreux processus métaboliques et transformations se produisent à l'intérieur des olives, avec des changements consécutifs et remarquables dans la composition phénolique et chimique de l'huile d'olive et tout au long de cette période.

L'acidité libre augmente généralement en raison de l'activité des enzymes lipolytiques. Les autres paramètres de qualité de base tels que l'indice de peroxyde (IP) et les indices spectrophotométriques ultraviolets (K232, K270) ont été trouvés soit en baisse, soit en hausse, soit constants pour différents cultivars dans la littérature.

L'oleuropéine, le principal sécoiridoïde du fruit de l'olivier, est responsable de l'amertume des olives, et sa concentration diminue en réponse au processus de maturation alors que l'hydroxytyrosol et la déméthyloléuropéine augmentent.

La concentration des phénols hydrophiles et des composés volatils des HOV extraits sont affectés de manière négative par le processus de maturation (Yorulmaz *et al.*, 2013).

Les poly phénols s'accumulent dans l'olive jusqu'au stade semi noir, au-delà duquel on assiste à leur diminution contrairement à la teneur en huile (Mahhou *et al.*, 2014).

Les chlorophylles et les pigments caroténoïdes sont responsables de la couleur caractéristique de l'HOV et diminuent avec la maturation du fruit. Il est donc important de déterminer le stade de maturité optimal des olives pour chaque cultivar afin de produire des HOV de la meilleure qualité (Yorulmaz *et al.*, 2013).

La période optimale de récolte est un compris entre la teneur en huile et la teneur en poly phénols cet égard, la période optimale de récolte se situe entre fin novembre et 25 décembre (Mahhou *et al.*, 2014).

b. Récolte des olives

La méthode traditionnelle est la récolte à la main (Figure a); c'est la plus respectueuse de l'arbre mais la récolte est fastidieuse et très longue. Néanmoins, la méthode la plus communément utilisée en provence est la cueillette au peigne manuel (Figure b) : les oléiculteurs déposent un filet sur le sol et utilisent un peigne qui va arracher les olives de la branche et les faire tomber sur le filet.



Figure 06 : Techniques de cueillette des olives.

En Espagne ou en Italie la technique la plus utilisée sur les grandes exploitations est celle par vibration des branches (Sébastien, 2010).

II.1.2. Stockage des olives avant broyage

Le stockage de la matière première pendant des périodes plus longues donnera des huiles présentant des défauts dus aux réactions hydrolytiques et oxydatives.

La durée maximale de stockage pour obtenir une huile sans défauts est d'environ 48h (Boskou, 20015).

II.1.3. Effeuilage et lavage

L'enlèvement des feuilles est toujours recommandé, surtout lorsque la récolte est effectuée mécaniquement. La présence de feuilles pendant le processus d'extraction mécanique de l'huile n'ajoute aucune caractéristique positive à l'huile mais, au contraire, peut en modifier le goût et l'arôme.

Les olives sont généralement lavées par des machines à laver en continu pour éliminer les pesticides, la saleté, les pierres et le sable. Le lavage des olives a un effet plus ou moins important sur la qualité des HOV. L'eau doit être changée fréquemment pendant le traitement pour éviter l'utilisation d'une eau de lavage contenant trop de particules terreuses, qui peuvent libérer les composés responsables de la saveur sensorielle « terreuse » dans l'huile (Muzzalupo, 2012).

II.1.4. Broyage et Malaxage

Une fois nettoyé, les olives doivent être broyées pour faire la pâte d'olive (Clodoveo, 2013). Les olives sont broyées avec leurs noyaux. On peut utiliser soit des rouleaux de pierre, soit un broyeur à dents métalliques ou un moulin à marteaux (Israelow, Goldman, 2009).

La malaxation est l'action de baratter ou de mélanger lentement les olives broyées dans un mélangeur spécialement conçu à cet effet pendant 20 à 40 minutes. Ce mélange permet aux petites gouttelettes d'huile qui ont été libérées par le processus de broyage de se combiner en de plus grosses gouttelettes qui peuvent être plus facilement séparées. La pâte est normalement chauffée à environ 27°C pendant ce processus.

Utiliser une couverture de gaz inerte (comme l'azote ou le dioxyde de carbone) sur la pâte d'olive, ce qui réduit considérablement l'oxydation ; cela permet d'augmenter le rendement sans compromettre la qualité de l'huile.

Une fois la malaxation terminée, la pâte est envoyée dans un séparateur de phases. Presque tous les producteurs utilisent une centrifugeuse décanteuse pour cette phase.

Le mélangeur le plus courant est une auge horizontale avec des pales de mélange en spirale. La malaxation de la pâte est effectuée, en fonction de la procédure d'extraction de l'huile - c'est-à-dire que de l'eau chaude peut être ajoutée. La pulpe est battue pour poursuivre la décomposition des cellules d'olive et créer de grosses gouttelettes d'huile. On ajoute souvent du sel à ce stade, pour favoriser la décomposition osmotique des cellules des olives et faciliter ainsi la séparation de l'huile et de l'eau. Les olives sont battues plusieurs fois (Israelow, Goldman, 2009).

II.2. Techniques d'extraction

II.2.1. Extraction conventionnelle d'huile d'olive

Actuellement, les améliorations technologiques dans l'industrie de l'huile d'olive sont orientées vers la préservation des constituants mineurs présents à l'origine dans les fruits et qui sont liés à d'importantes propriétés nutritionnelles, à la stabilité et à la qualité de l'huile.

Les principaux systèmes actuellement appliqués pour l'extraction de l'huile d'olive sont le pressage et la centrifugation (Israelow et Goldman, 2009).

a. Extraction par centrifugation

La technologie de centrifugation a été introduite à la fin des années 1980 et est actuellement.

Le procédé d'extraction le plus utilisé. Elle est basée sur les différences de densité des constituants de la pâte d'olive (huile d'olive, eau et solides insolubles).

La séparation s'effectue à travers une centrifugeuse. Aujourd'hui, deux systèmes de centrifugation différents sont principalement utilisés pour la production d'huile d'olive, en fonction des produits obtenus à la fin du traitement : la centrifugation triphasée et la centrifugation biphasée (Boskou, 2015).

- Système d'extraction par centrifugation à trois phases : Une fois la pâte d'olive est homogénéisée et la coalescence est effectuée, l'étape suivante consiste en la séparation de la phase solide et de la phase liquide, la pâte est donc injectée par une pompe dans une centrifugeuse dont l'axe est horizontal appelée décanteur. Il permet la séparation de la pâte en trois phases : - Les grignons - L'huile avec un peu d'eau - Les margines avec un peu d'huile (Michelle, 2003).

Les deux phases liquides n'étant pas bien séparées, elles sont regroupées et envoyées dans une centrifugeuse verticale. A la sortie de la centrifugeuse, on retrouve d'un côté des grignons très humides et de l'autre côté une émulsion huile/eau (Aggoun-Arhab, 2016).

Les principaux inconvénients de ce procédé sont :

- L'énorme quantité d'eau nécessaire, ce qui entraîne la production de grandes quantités de déchets et de résidus.
- une partie des poly phénols de l'huile est éliminée par lavage en raison de la plus grande quantité d'eau ajoutée (Israelow et Goldman, 2009).
- Dans le procédé à deux phases, la pâte est séparée en phase liquide et une phase solide, (composée de fragments et de noyaux, de pulpe et d'eau de végétation : grignons d'olive humides) (Amirante et Clodoveo, 2017).

La principale différence entre les deux types de machines est la quantité d'eau ajoutée pour diluer la pâte d'olive.

Le procédé biphasé présente une faible consommation d'eau et une faible production d'eaux usées. Par conséquent, les huiles obtenues après extraction par le système centrifuge à deux phases ont une teneur plus élevée en phénols, des temps d'induction plus longs et une meilleure qualité sensorielle (Boskou, 2015 ; Clodoveo et *al.*, 2014 ; Salvador et *al.*, 2003).

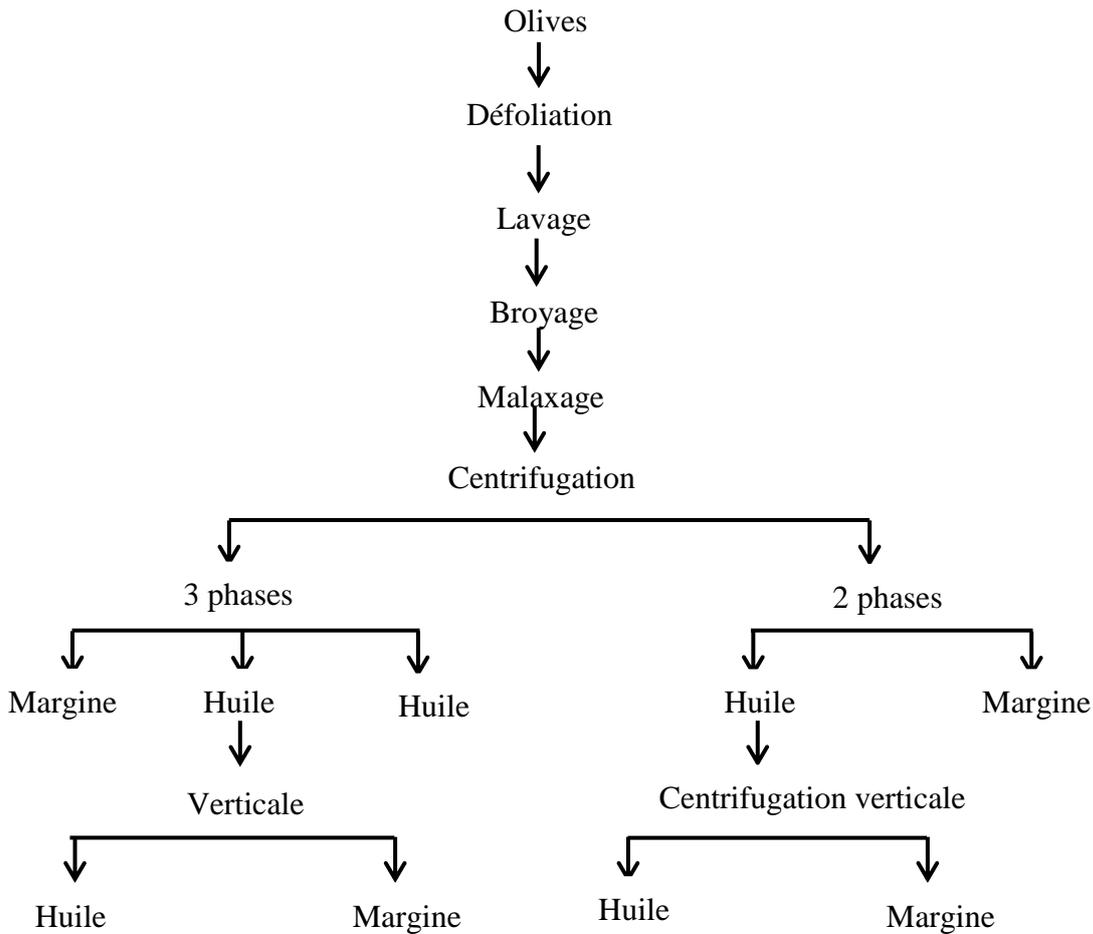


Figure 07 : Système d'extraction par centrifugation (Di Giovacchino et *al.*, 1994).

b. Extraction par pression

Le pressage est l'une des plus anciennes méthodes d'extraction de l'huile et a considérablement évolué au cours des siècles. Dans les moulins à huile d'olive équipés de ce système, la séparation par pression de l'huile de la pâte est actuellement effectuée à l'aide de presses hydrauliques ouvertes. La pâte préalablement malaxée est ensuite stratifiée sur des tapis filtrants empilés. Cette opération s'effectue mécaniquement grâce à un distributeur qui prélève la pâte dans le malaxeur et la stocke sur les tapis filtrants en nylon et/ou en polypropylène. Les deux types de tapis filtrants ont un trou central qui permet à l'huile exprimée et à l'eau (jus d'olive) de sortir dans les deux directions (Michelle, 2003).

D'un point de vue théorique, ce système garantit la qualité intrinsèque de l'huile.

Cependant, son utilisation présente quelques problèmes, principalement dus non seulement à sa faible capacité de travail par heure, auquel cas le stockage des olives s'allonge, mais aussi à l'utilisation correcte des tapis filtrants et aux types de matériaux utilisés pour construire l'équipement (Boskou, 2015).

Le tableau 08 regroupe les caractéristiques de l'huile d'olive vierge obtenue à partir d'olive de bonne qualité par trois systèmes de traitement différents.

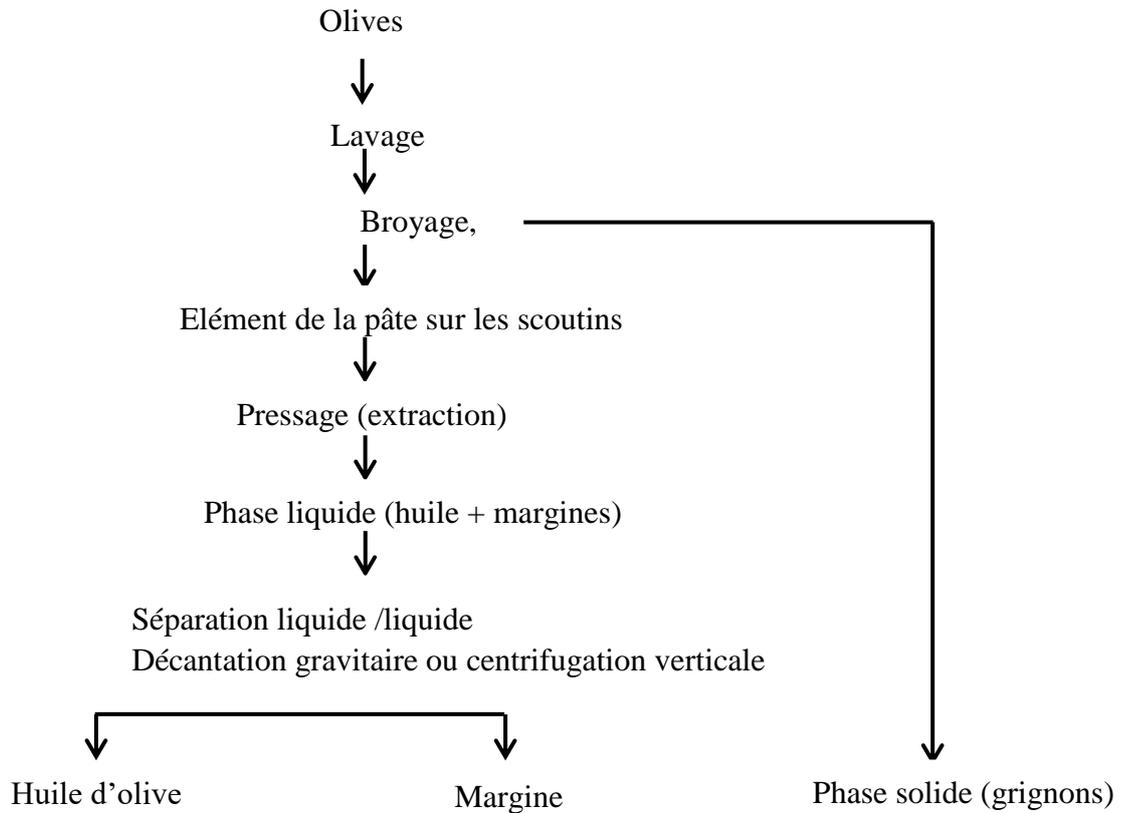


Figure 08 : Extraction par presse (Di Giovacchino et *al.*, 1994).

Tableau 08 : Caractéristiques de l'huile d'olive vierge obtenue à partir d'olive de bonne qualité par trois systèmes de traitement différents (Israelow et Goldman, 2009).

Caractéristiques	Pressure	Centrifugation/décantation
Acide grasse libre (%)	0.23	0.22
Valeur de Peroxyde (meq/kg)	4.0	4.9
polyphénols total(mg EAG/ Kg)	158	121
o-diphénols(mg EAC/ Kg)	100	61
Induction time (h)	11.7	8.9
Chlorophyll pigments (ppm)	5	9.1
K232	1.93	2.01
K270	0.120	0.127
Évaluation sensoriel (panel taste)	6.9	7.0

II.2.2. Extraction innovante d'huile d'olive

II.2.2.1. Extraction assistée par ultrasons

L'extraction des composés bioactifs par ultrasons (20 – 100 kHz) est une technique émergente qui offre beaucoup de reproductibilité en peu de temps, trois fois plus rapide qu'une extraction simple par solvant. Elle est facile à mettre en œuvre et peu consommatrice de solvant et d'énergie (Chemat *et al.*, 2008). Cette technique peut être utilisée pour l'extraction des composés aromatique ou des essences de plantes, mais elle a surtout été développée pour l'extraction de certaines molécules ayant un intérêt thérapeutique (Vinatoru, 2001 ; Bousbia, 2011).

II.2.1.1. Définition des ultrasons

Les ultrasons sont des ondes vibrationnelles mécaniques de fréquence allant de 16 KHz à 1 GHz pouvant se propager dans les solides, les liquides et les gaz. Dans un milieu liquide, la propagation des ondes va générer des cycles successifs de compression (haute pression) et de raréfaction (basse pression) (Michle, 2011).

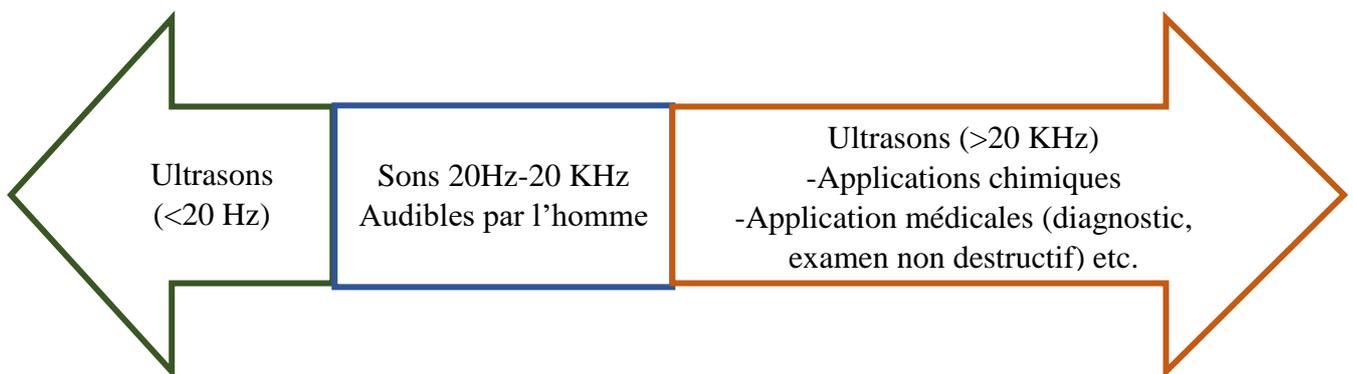


Figure 09 : Fréquences des ondes sonores et leur application (Zhou *et al.*, 2017).

II.2.1.2. Principe

L'extraction assistée par ultrason est une technique peu onéreuse, utilisable avec n'importe quel type de solvant et simple à mettre en place. En effet, l'extraction peut être réalisée de manière très simple en utilisant un bain à ultra-sons - ce qui par-ailleurs permet d'effectuer plusieurs extractions simultanément (Michle, 2011). Pendant la sonication, les ondes sonores utilisées induisent des vibrations mécaniques dans le solide, le liquide ou le gaz, à travers une succession de phases d'expansion et de compression, comme au cours d'un phénomène de cavitation. Les bulles, formées par l'expansion, vont se développer puis dégonfler. Si ces bulles se situent près d'une surface solide, alors le dégonflement sera asymétrique, ce qui produira des jets de liquide ultra-rapides (Figure10) (Vinatoru, 2001).

Les mécanismes d'extraction impliquent deux phénomènes physiques:

- Les molécules peuvent parfois traverser la paroi cellulaire par simple diffusion ;
- Le contenu des cellules peut être « lessivé » après destruction des parois cellulaires, afin de récupérer l'ensemble des composés d'intérêt (Vinatoru, 2001 ; Bousbia, 2011).

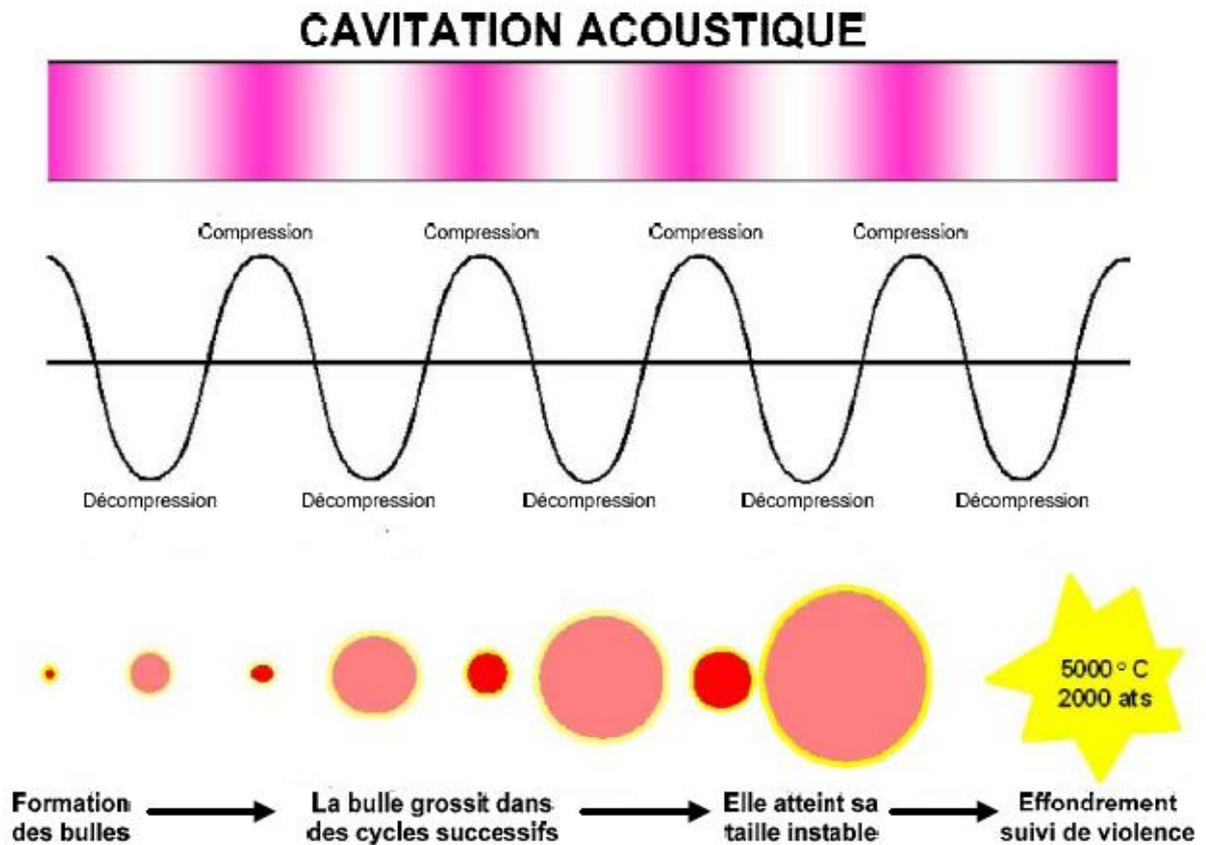


Figure 10 : Schéma démonstratif de la cavitation ultrasonore (Bousbia, 2011).

- **La cavitation** peut être définie comme la formation, la croissance et l'effondrement ultérieur de bulles remplies de vapeur et/ou de gaz-vapeur dans un liquide. Le phénomène d'implosion des bulles de cavitation génère des macro-turbulences, des collisions inter particulières à grande vitesse et des perturbations dans les particules microporeuses de la biomasse, ce qui accélère la diffusion du contenu cellulaire (Clodoveo et al., 2014).

II.2.1.3. Avantage des ultrasons

Plusieurs avantages sont attribués aux ultrasons :

- Augmentent le rendement en huile et accélèrent la cinétique enzymatique favorable par rapport aux techniques d'extraction traditionnelles ;
- Facilitent l'extraction des composés mineurs sains ;
- Pas d'effet néfaste sur la composition de l'huile, et au contraire améliorent la teneur en antioxydants (Clodoveo, 2019).
- Peuvent également réduire la température de fonctionnement, permettant l'extraction de composés thermolabiles (Wang et Weller, 2006).

Néanmoins, plusieurs paramètres expérimentaux, dont la durée, la température et la puissance de l'extraction par ultrasons, peuvent influencer son efficacité (Zhou et *al.*, 2017).

II.2.1.4. Application de la technique d'ultrason dans l'extraction d'huile d'olive

Les ultrasons sont une technologie prometteuse qui peut perturber les structures tissulaires, y compris les membranes des élaïoplastes, libérant la phase huileuse piégée (figure 11). De plus, les ultrasons, par le biais de la cavitation, peuvent augmenter l'effet hydrophobe, améliorant la cinétique des phénomènes de fusion, ce qui augmente la probabilité de coalescence et la récupération de l'huile. Ils peuvent également diviser l'émulsion en ses composants les phases aqueuse et huileuse (Amirante et *al.*, 2017).

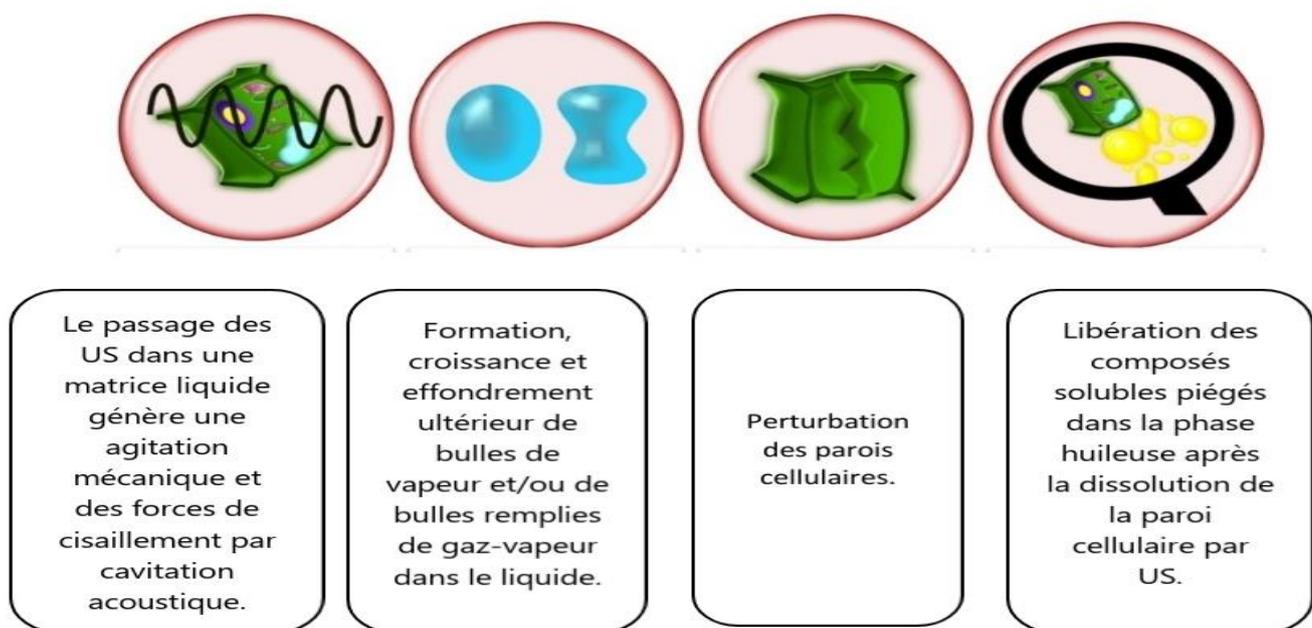


Figure 11 : Libération des composés solubles piégés dans la phase huileuse après la rupture de la paroi cellulaire par les ultrasons, US (Pérez et *al.*, 2021).

II.2.1.5. Impact de traitement par ultrasons sur l'huile d'olive vierge

a. Impact de traitement par ultrasons sur le rendement en huile

Selon Jiménez et al. (2007) ; l'application d'ultrasons sur la pâte d'olive peut améliorer significativement l'extractibilité de l'huile.

Le tableau 09 montre l'effet des traitements de la pâte sur le rendement et l'extractibilité de l'huile.

Ce comportement semble différent selon les caractéristiques de l'olive. Dans les olives à haute teneur en humidité, comme la première date de récolte (63,6%), application directe d'ultrasons par la tête de la sonde (ADUS) a été le meilleur traitement avec des différences significatives d'extractibilité (45,9%) avec olivier passé sans traitement (OPST) (42,5%), tandis que l'application indirecte d'ultrasons par le bain (AIUB) a eu des différences d'extractibilité non significatives.

Lorsque les olives étaient trop mûres et peu humides, par exemple lors de la deuxième récolte (46,6 %), l'AIUB a été le meilleur traitement avec une extractibilité de 73,2 %, significativement différente de celle du OPST (72,0 %), mais le ADUS a eu l'extractibilité la plus faible (70,7 %), ce qui pourrait être dû à un mauvais contact entre la sonde et la pâte pour ces fruits peu humides.

Tableau 09 : Effet du traitement par ultrasons sur le rendement du procédé et l'extractibilité de l'huile (Jiménez et al., 2007).

Traitement	Rendement (%)	Extractibilité de l'huile (%)	Composition des olives	
			Matières grasses (%)	Humidité (%)
Première date de récolte				
OPST	7.23 ± 0.12	42.5 ± 0.71 ^b	17.1	63.6
AIUB	7.80 ± 0.53	45.9 ± 0.71 ^a		
ADUS	7.63 ± 0.34	44.9 ± 1.98 ^{ab}		
Deuxième date de récolte				
OPST	15.85 ± 0.07	72.0 ± 0.28 ^a	22.1	46.6
ADUS1	5.55 ± 0.21	70.7 ± 0.92 ^b		
ATUB	16.1 ± 0.14	73.2 ± 0.64 ^a		

OPST, Olivier Passé Sans Traitement ; ADUS, Application Directe d'Ultrasons par la tête de la Sonde ; AIUB, Application Indirecte d'Ultrasons par le Bain. Valeurs moyennes ± SD (n = 2).

Des lettres différentes par date de récolte, indiquent des différences significatives à p < 0,05.

Selon Riganea et al. (2020), le traitement par ultrasons de la pâte d'olive avant malaxation à 35 kHz a permis d'obtenir les rendements en huile les plus élevés après 10 min de traitement pour les deux variétés étudiées (cv. Memecik et cv. Chemlali).

Les valeurs de rendement pour l'extraction des olives dépitées étaient plus élevées comme prévu auparavant, car la quantité d'huile augmentait proportionnellement au poids des noyaux retirés. L'ajout d'eau a causé une augmentation légère mais significative du rendement pour cultivars d'olive de Memecik et Chemlali.

Tableau 10 : Rendement de l'huile d'olive (cv. Memecik) en fonction de différents prétraitements aux ultrasons (Riganea et al., 2020).

	Avec noyau		Sans noyau	
	Avec eau	Sans eau	Avec eau	Sans eau
Rendement (%)				
M	15.86 ± 1.32 ^b	12.01 ± 1.36 ^b	18.18 ± 1.27 ^a	16.63 ± 1.53
M + 4m US	16.08 ± 1.48 ^b	18.49 ± 1.12 ^a	17.77 ± 1.59 ^b	16.27 ± 1.50
M + 8m US	18.80 ± 1.14 ^a	17.62 ± 1.67 ^a	17.60 ± 1.02 ^b	16.91 ± 1.52
M +10m US	17.99 ± 1.25 ^{ab}	19.55 ± 1.49 ^a	16.96 ± 1.64 ^b	16.94 ± 1.37

Tableau 11 : Le rendement de l'huile d'olive (cv. Chemlali) en fonction de différents prétraitements aux ultrasons (Riganea et al., 2020).

	Avec noyau		Sans noyau	
	Avec eau	Sans eau	Avec eau	Sans eau
Rendement (%)				
M	15.45 ± 0.40 ^b	16.89 ± 0.52 ^{ab}	11.36 ± 0.60 ^c	14.65 ± 0.70 ^b
M + 4m US	16.37 ± 0.1 ^{ab}	16.50 ± 0.46 ^b	18.29 ± 0.36 ^b	14.96 ± 0.33 ^b
M + 8m US	16.10 ± 0.76 ^b	16.38 ± 0.43 ^b	18.11 ± 0.11 ^b	19.40 ± 0.71 ^a
M +10m US	16.99 ± 0.15 ^a	17.61 ± 0.02 ^a	20.40 ± 0.66 ^a	20.53 ± 0.70 ^a

Il est intéressant de noter que la pâte d'olive dépitée Chemlali ont le rendement en huile le plus élevé (20,40 et 20,53 %, respectivement, avec et sans ajout d'eau), tandis que la valeur la plus élevée pour le cv. Memecik, ont été obtenus lorsque la pâte d'olive entière d'olive a été traitée aux ultrasons (18 % et 19,55 %, respectivement, avec et sans ajout d'eau).

L'ajout d'eau après le malaxage diminue la viscosité de la pâte et facilite l'élimination des gouttelettes d'huile de la pâte pendant la centrifugation (Juliano et *al.*, 2017).

b. Effets des ultrasons sur les paramètres de qualité

Lorsque des ultrasons de forte puissance sont appliqués aux pâtes d'olives, il convient de considérer leur effet sur les caractéristiques chimiques, nutritionnelles et sensorielles de l'huile obtenue. Pour la première date de récolte, des différences non significatives ont été constatées entre les traitements pour l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde et l'absorbance UV à 270 nm ; seules les valeurs de K232 dans le traitement AIUB se sont avérées significativement différentes de celles de ADUS et OPST, avec des valeurs de $1,465 \pm 0,064$, $1,570 \pm 0,057$ et $1,590 \pm 0,014$, respectivement. En général, pour les paramètres de qualité, les huiles AIUB ont montré les valeurs les plus basses.

À la deuxième date de récolte, les huiles AIUB ont à nouveau présenté les valeurs les plus basses pour tous les paramètres de qualité, avec des différences significatives pour l'indice de peroxyde et le K232. En général, aucun effet d'oxydation ou d'hydrolyse n'a été observé dans les huiles lorsque des ultrasons ont été appliqués (Jiménez et *al.*, 2007).

Tableau 12 : Effet du traitement par ultrasons sur les paramètres de qualité et de nutrition de l'huile d'olive vierge (Jiménez et *al.*, 2007)

	Première date de la récolte			deuxième date de récolte		
	OPST	ADUS	AIUB	OPST	ADUS	AIUB
Paramètres de qualité						
Valeur de l'acidité (% d'acide gras oléique)	0.17 ± 0.02^a	0.15 ± 0.00^a	0.15 ± 0.00^a	0.15 ± 0.00^a	0.17 ± 0.02^a	0.14 ± 0.01^a
Indice de peroxyde (meq O2/kg)	4.84 ± 0.14^a	5.47 ± 1.09^a	4.56 ± 0.17^a	7.93 ± 1.01^a	7.19 ± 0.25^a	5.61 ± 0.00^b
K270	0.115 ± 0.007^a	0.120 ± 0.014^a	0.105 ± 0.007^a	0.105 ± 0.007^a	0.120 ± 0.028^a	0.090 ± 0.014^a
K232	1.590 ± 0.014^a	1.570 ± 0.057^{ab}	1.465 ± 0.064^b	1.435 ± 0.007^a	1.440 ± 0.028^a	1.355 ± 0.007^b

Valeurs moyennes \pm SD (n = 2). *Pour chaque paramètre, des lettres différentes par date de récolte indiquent des différences significatives à $p < 0,05$.

Dans un travail récent de **Gila et al., 2021**, une comparaison des paramètres de qualité (VA, K232 et K270) des huiles non traitées et traitées aux US pendant 15, 30 et 60 min avant malaxation.

Tableau13 : Effets des ultrasons sur l'indice de qualité des HOV de la variété Picual (Gila et al., 2021).

Variété HOV	Picual			
Temps US (min)	0	15	30	60
Indices de qualité				
Valeur d'acidité (%)	0.18 ± 0.01 ^a	0.19 ± 0.02 ^a	0.18 ± 0.01 ^a	0.18 ± 0.01 ^a
K232	1.87 ± 0.01 ^a	1.88 ± 0.04 ^a	1.87 ± 0.01 ^a	1.91 ± 0.02 ^a
K270	0.14 ± 0.00 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^a

Tableau 14 : Effets des ultrasons sur l'indice de qualité des HOV de la variété Arbequina (Gila et al., 2021).

Variété HOV	Arbequina			
Temps US (min)	0	15	30	60
Indices de qualité				
Valeur d'acidité (%)	0.22 ± 0.01 ^a	0.22 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.01 ^a	0.22 ± 0.01 ^a
K232	2.00 ± 0.08 ^a	2.04 ± 0.04 ^a	2.01 ± 0.02 ^a	2.03 ± 0.03 ^a
K270	0.15 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.02 ^a

En général, pour les deux variétés, les paramètres de qualité étudiés n'ont pas présenté de différences significatives entre les huiles non traitées et traitées aux US.

L'acide gras dans les huiles est le résultat du degré de dégradation des TAG (tri acide gras), dû à la réaction d'hydrolyse. Le paramètre d'oxydation K232 est lié à la formation d'hydroperoxydes, de diènes conjugués, de composés carboxyliques et de triènes conjugués, tandis que K270 dépend des produits d'oxydation secondaires formés à partir des composés initiaux détectés à 232 nm. Comme observé, les valeurs de ces paramètres de qualité montrent que la sonication n'a pas dégradé les huiles. D'après ces paramètres de qualité, toutes les huiles ont été classées dans la catégorie "vierge extra", conformément au règlement de l'UE.

Rigane et al. (2020), ont étudiés le prétraitement aux ultrasons avec des temps différents (0, 4, 8, 10 min) sur la pâte d'olive, précédant la malaxation de l'extraction d'huile d'olive.

D'après les résultats présentés dans le tableau 15, il a été observé une diminution significative de toutes les valeurs d'acidité.

Ces valeurs élevées d'acidité pourraient être expliquées par les réactions d'hydrolyse des triglycérides. En général, pour le paramètre FA, les huiles Chemlali ont montré les valeurs les plus basses par rapport aux huiles Memecik.

En raison de la cavitation qui se produit pendant l'application des ultrasons, un intérêt particulier a été porté sur les valeurs de peroxyde (IP) qui nous permet de faire une estimation de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation des huiles d'olive.

En général, le paramètre IP de l'huile analysée ont montré des différences significatives pendant la durée du traitement par ultrasons (tableau 15).

Le comportement des valeurs de peroxyde des huiles d'olive vierges pourrait s'expliquer par des changements au cours du processus d'oxydation, par la formation d'hydroperoxydes tandis que les diminutions des valeurs étaient dues à l'apparition de produits secondaires.

Tableau 15 : Paramètres d'acide oléique et la valeur peroxyde de l'huile d'olive (cv. Chemlali) en fonction de différents prétraitements aux ultrasons.

	Avec noyau		Sans noyau	
	Avec eau	Sans eau	Avec eau	Sans eau
Acidité libre (%)				
Acide oléique				
M	1.83 ± 0.13 ^a	1.81 ± 0.01 ^b	2.21 ± 0.0	1.74 ± 0.04 ^a
M + 4m US	1.81 ± 0.17 ^a	1.31 ± 0.03 ^c	2.07 ± 0.09 ^a	1.44 ± 0.04 ^{bc}
M + 8m US	1.37 ± 0.06 ^b	1.72 ± 0.23 ^b	1.41 ± 0.08 ^b	1.32 ± 0.07 ^c
M +10m US	1.75 ± 0.00 ^a	2.14 ± 0.12 ^a	1.42 ± 0.00 ^b	1.51 ± 0.02 ^b
Valeur peroxyde				
Meq O₂/Kg huile				
M	5.28 ± 0.05 ^a	5.65 ± 0.09 ^a	2.43 ± 0.02 ^d	3.05 ± 0.07 ^c
M + 4m US	5.36 ± 0.05 ^a	4.63 ± 0.10 ^d	2.81 ± 0.06 ^c	3.13 ± 0.03 ^c
M + 8m US	4.95 ± 0.08 ^b	4.82 ± 0.05 ^c	3.12 ± 0.05 ^b	3.62 ± 0.16 ^b
M +10m US	3.51 ± 0.01 ^c	5.04 ± 0.06 ^b	3.23 ± 0.04 ^a	3.90 ± 0.08 ^a

c. Influence du traitement par ultrasons sur la température de la pâte d'olive et sur la durée du préchauffage.

Selon Clodoveo et *al.* (2013), Le traitement par ultrason son été appliqué sur la pâte d'olive après le broyage à différents temps (0, 2, 4, 6, 8, et 10 min) avec les caractéristiques suivantes : fréquence, 35 kHz ; puissance ultrasonique effective, 150 W. Après le traitement aux ultrasons, la pâte d'olives de chaque lot a été malaxée.

L'effet thermique des ultrasons a conduit à un réchauffement rapide de la pâte d'olive et par conséquent, à une réduction du temps de malaxage qui est passé de 60 min à environ 40 min avec 8 et 10 min de traitement aux ultrasons. En effet, dans les échantillons non traités, la température de la pâte d'olive, mesurée après le broyage, était d'environ $21 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, tandis que dans les échantillons traités par ultrasons, la pâte d'olive a atteint une température d'environ $23 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

La pâte d'olive a atteint des températures d'environ $23 \pm 0,5$, $25,5 \pm 0,5$, $27 \pm 0,5$, $29 \pm 0,5$, et $30 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ après 2, 4, 6, 8, et 10 min de sonication, respectivement. Cet effet détermine une décharge plus rapide du malaxeur qui devient disponible pour un nouveau cycle de processus, augmentant la capacité de travail de tous les dispositifs composant l'installation industriel.

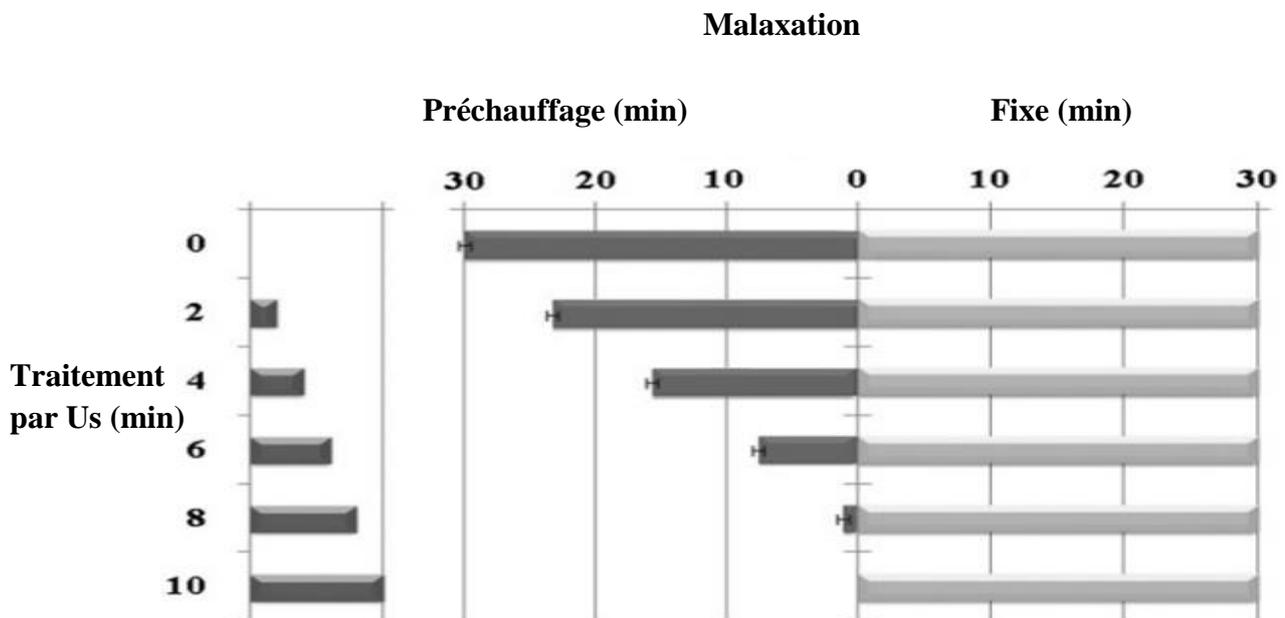


Figure 12 : Temps de traitement aux ultrasons et temps de malaxage (préchauffage et appliqués à Peranzana) (Clodoveo et *al.*, 2013).

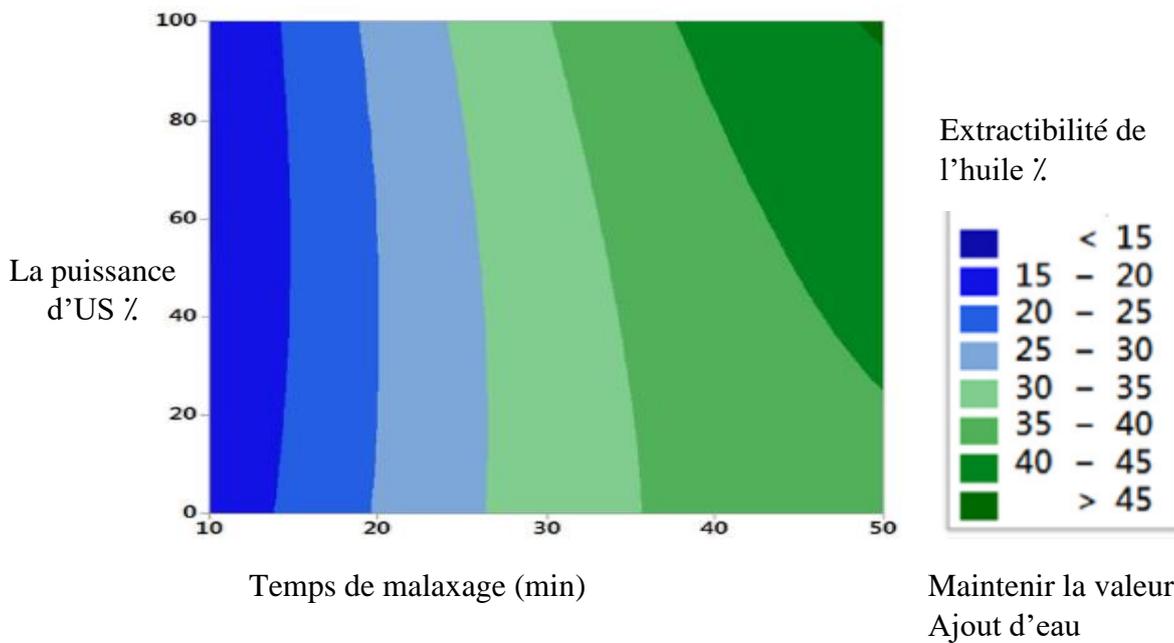


Figure13 : Tracé de contour de l'extractibilité de l'huile d'olive en fonction du niveau de puissance méga sonique et du temps de malaxage (Juliano et *al.*, 2017).

La figure 13, montre que l'extractibilité de l'huile augmente avec le temps de malaxage, plus le temps est plus long, plus l'activité des enzymes provoquant la rupture de la paroi cellulaire a été prolongée, ce qui entraîne une plus grande libération de l'huile a partir des cellules (Juliano et *al.*, 2017).

d. Impact de traitement par ultrasons sur l'activité enzymatique de l'huile d'olive

Selon les travaux de Yahyaoui et *al.* (2019), le comportement des activités enzymatiques Polyphenoloxidase(PPO), β -glucosidase, Lipoxigenase (LOX) et Peroxydase (POD) ont été analysées après les prétraitements aux ultrasons sur les pâtes d'olive entières et dépiquées (sans noyau).

Comme le montre l'illustration, une diminution significative de l'activité POD a été observée au fur et à mesure de l'augmentation de la durée du traitement US (Tableau 16). D'autre part, l'activité enzymatique de la PPO a montré une augmentation avec le temps de traitement par sonification dans tous les échantillons étudiés.

Ces résultats pourraient être expliqués comme décrit précédemment par Veneziani et *al.* (2017), qui ont mentionné que la PPO montre la température d'activité optimale à 50 °C, alors qu'elle a un niveau d'activités enzymatiques réduit à des températures inférieures à 20°C. Comme décrit par Taticchi et *al.*, 2013. En ce qui concerne l'évolution de l'activité de la β - glucosidase de l'olive, les résultats ont montré une légère diminution de la l'activité β -glucosidase au cours de l'augmentation du traitement par ultrasons de la pâte d'olive entière (Tableau 16).

D'autre part, l'innovation technologique introduite dans le traitement mécanique de la pâte d'olive dépitée entraîne une diminution spectaculaire de l'activité β -glucosidase. Comme le montre le tableau 16, l'activité β -glucosidase a diminué de plus de 59 et 36% pour les cultivars Memecik et Chemlali, respectivement.

Tableau16 : Activités enzymatiques dans la pâte d'olive en fonction des différents prétraitements par ultrasons (Yahyaoui et *al.*, 2019)

	cv. Chemlali		cv. Memecik	
	Avec noyau	Sans noyau	Avec noyau	Sans noyau
Polyphenoloxidase				
M	289.56 ± 10.39 ^b	290.33 ± 7.31 ^d	270.83 ± 18.77 ^b	270.75 ± 18.69 ^c
M + 4m US	277.22 ± 16.48 ^b	312.67 ± 4.29 ^c	294.85 ± 13.82 ^b	293.65 ± 14.52 ^c
M + 8m US	365.78 ± 12.23 ^a	372.11 ± 3.80 ^b	337.61 ± 28.16 ^a	342.34 ± 17.23 ^b
M +10m US	341.67 ± 15.79 ^a	396.56 ± 9.43 ^a	371.86 ± 14.40 ^a	395.94 ± 22.24 ^a
β-Glucosidase				
M	14.33 ± 3.36	11.65 ± 3.99	19.81 ± 1.46 ^a	18.08 ± 1.16 ^a
M + 4m US	10.89 ± 3.90	8.82 ± 4.38	10.12 ± 1.10 ^b	8.33 ± 1.10 ^b
M + 8m US	10.22 ± 2.83	8.84 ± 1.61	18.74 ± 1.28 ^a	7.4 ± 1.16 ^b
M +10m US	10.28 ± 4.38	7.46 ± 1.85	18.26 ± 1.92 ^a	7.33 ± 1.06 ^b
Lipoxigenase				
M	0.087 ± 0.0043	0.085 ± 0.0141	0.098 ± 0.002 ^a	0.096 ± 0.003 ^b
M + 4m US	0.083 ± 0.0038	0.087 ± 0.0074	0.089 ± 0.004 ^{ab}	0.097 ± 0.007 ^b
M + 8m US	0.089 ± 0.0083	0.094 ± 0.0170	0.099 ± 0.010 ^a	0.110 ± 0.003 ^a
M +10m US	0.081 ± 0.0050	0.095 ± 0.013	0.081 ± 0.010 ^b	0.107 ± 0.005 ^a
Peroxydase				
M	25.12 ± 0.59 ^a	21.07 ± 1.12	18.50 ± 0.81 ^a	14.68 ± 1.31 ^b
M + 4m US	24.33 ± 0.78 ^a	19.25 ± 1.06	18.05 ± 0.93 ^a	21.57 ± 1.45 ^a
M + 8m US	15.19 ± 1.36 ^b	20.12 ± 0.97	14.98 ± 0.57	16.08 ± 1.18 ^b
M +10m US	16.87 ± 0.72 ^b	20.59 ± 0.88	14.40 ± 2.14 ^b	15.53 ± 1.58 ^b

Toutes les activités enzymatiques ont été exprimées en Ug⁻¹ [unités d'activité (U) par gramme d'enzyme (g)]. Les résultats sont exprimés en écart-type moyen de 3 déterminations. Les différences significatives dans la même ligne sont indiquées par des lettres minuscules différentes [comparaison entre les échantillons traités et non traités aux ultrasons].

M : malaxage sans ultrasons, M + 4m US : malaxage + 4 min d'ultrasons, M + 8m US : malaxage + 8 min d'ultrasons, M +10 m US : malaxage + 10 min d'ultrasons.

- ❖ L'inactivation des enzymes peut se produire par trois mécanismes, qui peuvent agir seuls ou en combinaison. Le premier est purement thermique, en raison de l'augmentation de la température atteinte pendant la cavitation. La deuxième est due aux radicaux libres générés par la sonolyse de l'eau, et le troisième est due aux forces de cisaillement mécaniques créées par le micro streaming et les ondes de choc.

D'autre part, la structure et la fonction des molécules biologiques peuvent être modifiées par l'irradiation ultrasonore, et plusieurs processus catalysés par des enzymes peuvent être activés par des ondes ultrasonores (Clodoveo et *al.*, 2013).

e. Impact du système à ultrasons sur le traitement des olives à des indices de maturité différente

Selon Taticchi et *al.* (2019)Évalué le rendement d'extraction de HOV tel que mesuré en utilisant des olives Ogliarolagarganica à deux autres indices de maturité déferents : 2,82 et 3,31 pour le contrôle (T2 et T3) et les tests aux ultrasons (US2 et US3), respectivement, réalisés à 30min de temps de malaxage. Le système à ultrasons a montré une capacité réduite d'amélioration du rendement d'extraction de l'huile dans des olives de plus en plus mûres, car des indices de maturité plus élevés coïncident avec un rendement en huile réduit par rapport à l'huile extraite d'olives à un IM de 0,88.

Cependant, l'échantillon US2 a montré une augmentation significant du rendement en huile de 17,5kg par 100kg d'olives de l'échantillon T2 à 18,1kg avec une augmentation de 3,4% par rapport au HOV témoin, tandis qu'US3 n'a pas montré de déférence dans le rendement en huile par rapport au témoin. Cette tendance à la baisse du rendement d'extraction de l'huile pourrait être liée à une augmentation physiologique de l'activité des enzymes dépolymérisantes endogènes (pectinase, cellulase et hémicellulase) pendant la maturation de l'olive, qui ont les mêmes rôles de dégradation de la paroi cellulaire et de la membrane que ceux qui se produisent dans le phénomène de cavitation causé par les ondes ultrasonores et qui peuvent favoriser la libération de l'huile et d'autres matières organiques des cellules de l'olive.

f. Influence du traitement par ultrasons sur la concentration des composés mineurs de HOV

Selon Gila *et al.* (2021), les ondes ultrasonores sont une technologie propre qui n'affecte généralement pas la composition chimique et les propriétés thermiques des huiles d'olive vierges.

Tableau 17 : Effets des ultrasons sur les composants mineurs des HOV de la variété Picual.

Variété HOV	Picual			
Temps US (min)	0	15	30	60
Composants mineurs				
Polyphénols [mg kg ⁻¹]	473 ± 2.3 ^a	478.2 ± 5.0 ^a	478.6 ± 7.6 ^a	475.5 ± 6.0 ^a
Tocophérols T [mg kg ⁻¹]	308.9 ± 1.1 ^a	308.4 ± 1.7 ^a	312.5 ± 3.2 ^a	315.4 ± 2.3 ^a
α-Tocophérol [mg kg ⁻¹]	283.3 ± 0.8 ^a	282.4 ± 1.9 ^a	285.1 ± 2.1 ^a	286.8 ± 2.0 ^a
β-Tocophérol [mg kg ⁻¹]	6.9 ± 0.4 ^b	7.2 ± 0.5 ^{ab}	7.8 ± 0.5 ^{ab}	8.6 ± 0.6 ^a
γ-Tocophérol [mg kg ⁻¹]	18.6 ± 0.8 ^a	18.9 ± 0.5 ^a	19.6 ± 1.3 ^a	20 ± 0.9 ^a
Caroténoïdes p [mg kg ⁻¹]	7.3 ± 0.0 ^a	7.4 ± 0.1 ^a	7.4 ± 0.1 ^a	7.4 ± 0.1 ^a
Chlorophylle p [mg kg ⁻¹]	19.5 ± 0.1 ^a	19.6 ± 0.2 ^a	19.6 ± 0.0 ^a	19.7 ± 0.3 ^a

Pendant le traitement US ont été observées une légère augmentation de la température de l'huile a été enregistrée et les composants mineurs (tocophérols, pigments et phénols) n'ont pas été affectés par le traitement US.

Il est bien connu que les composés phénoliques sont responsables de la durée de conservation des huiles et de leurs goûts amers et piquants typiques. Les niveaux de composants mineurs dans l'HOV peuvent dépendre du cultivar d'olive et du degré de maturité.

Dans les travaux de Clodoveo *et al.* (2013), comme le montre la figure 14, les deux variétés considérées dans ce travail ont présenté une concentration différente de composés mineurs probablement due à la fois au génome et au degré de maturité différent. Les olives de Coratina présentaient un indice de maturité inférieur à celui de Peranzana (1,8 contre 3,4) et, par conséquent, les huiles de Coratina se caractérisaient par un contenu plus élevé de tocophérols (Fig. 14A), de polyphénols (Fig. 14D) et de chlorophylles (Fig. 14C) et une plus faible quantité de caroténoïdes (Fig. 14B). Une augmentation du temps de sonication sur la pâte d'olive a conduit à une augmentation des tocophérols, des caroténoïdes et des chlorophylles et à une diminution des poly phénols totaux.

En particulier, pour la variété Coratina, une augmentation de d'environ 60% des tocophérols et des caroténoïdes et d'environ 30% des chlorophylles a été observée après 10 min de sonication, tandis que la diminution des polyphénols totaux était d'environ 30% (figure 14).

En ce qui concerne la variété Peranzana, une augmentation d'environ 60% a été constatée pour les tocophérols, d'environ 300% pour les caroténoïdes et de 100% pour les chlorophylles alors que la diminution des polyphénols totaux était de d'environ 70 % (figure 14).

- ✓ L'augmentation des tocophérols, des caroténoïdes et des chlorophylles peut être attribuée à l'effet des ultrasons qui ont provoquent le phénomène de cavitation acoustique
- ✓ Les diminutions des polyphénols totaux pourraient s'expliquer par l'action de l'oxygène. En effet, ce gaz agit à la fois comme cofacteur dans de nombreuses réactions enzymatiques et comme promoteur de réactions oxydatives non enzymatiques.

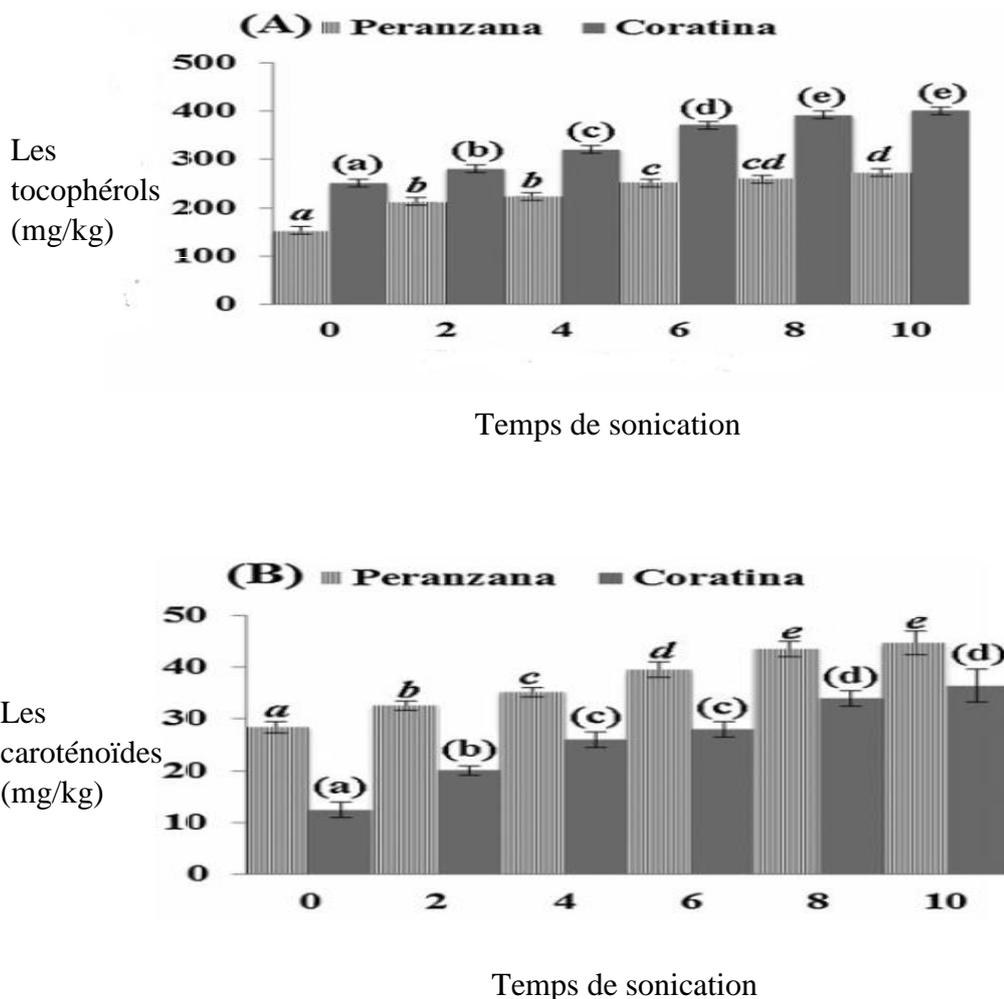


Figure 14 : Effet des temps de traitement aux ultrasons sur les tocophérols (A), les caroténoïdes totaux (B), les chlorophylles (C), et les polyphénols totaux (D) de huiles (Clodoveo et *al.*, 2013).

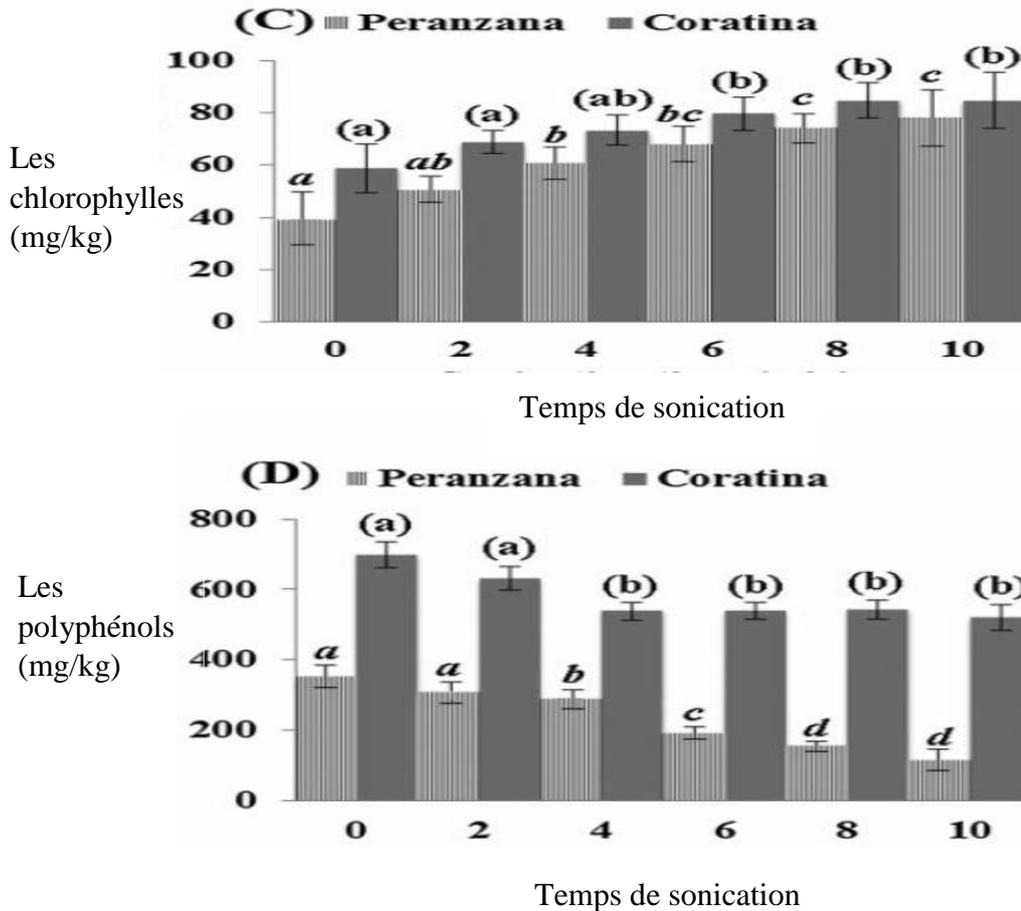


Figure 14 (suite) : Effet des temps de traitement aux ultrasons sur les tocophérols (A), les caroténoïdes totaux (B), les chlorophylles (C), et les polyphénols totaux (D) de huiles (Clodoveo *et al.*, 2013).

La présence de phénols hydrophiles dans le HOV est directement liée à la teneur en glycosides phénoliques initialement présents dans les tissus de l'olive et à l'activité des enzymes hydrolytiques et oxydatives agissant sur ces glycosides.

L'hydrolyse des glycosides phénoliques des fruits au cours du processus d'extraction de HOV est principalement réalisée par une β -glucosidase endogène. Les produits de l'action hydrolytique sont moins hydrophiles et plus solubles dans la phase huileuse.

En conclusion, ces résultats ont démontré que le devenir des composants mineurs de HOV après le traitement par ultrasons dépend strictement des variétés d'olives et du degré de maturité des fruits (Clodoveo *et al.*, 2013).

Il y a plusieurs effets d'ultrasons sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés bioactifs de l'huile d'olive extra vierge sont présentés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Effet d'ultrasons sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés bioactifs de l'huile d'olive extra vierge (HOVE) (Pérez et *al.*, 2021).

Cultivar	Paramètres	Matrice d'application	Effet
Coratina	0,4 et 2 MHz, 280 W, 2,5 et 5 min	Pâte d'olive après malaxage	Augmentation du rendement dans tous les cas (10%)
Coratina et Peranzana	150 W 35 kHz 2–10 min	Pâte d'olive avant la malaxation.	Réduction du temps de malaxage. Augmentation des caroténoïdes, chlorophylle et tocophérol et de tocophérol. Réduction du TPC
Unspecified	150 W, 30 kHz, 120–300 s		Amélioration de l'évaluation sensorielle. Augmentation du tocophérol, caroténoïdes et composés phénoliques. Réduction de l'activité du polyphénol oxydase activité
Memeciket Chemlali	150 W, 35 kHz, 4–10 min		Augmentation des sécoiridoïdes concentration
Ogliarola Barese	150 W, 35 kHz, 10 min		Augmentation du rendement d'extraction (17%).
Arbequina et Picual	150 W, 40 kHz, 15–60 min	HOVE	Légère diminution des différents composés volatils.
Coratina	150 W 35 Hz 10 min	Pâte de fruits et d'olives avant la malaxation	Augmentation du rendement d'extraction (6,2 %). Augmentation des chlorophylles, caroténoïdes, tocophérols, et contenu phénolique
	36-146 kJ/kg, 20–600 kHz	Pâte d'olive avant, pendant et après malaxation	Augmentation du rendement d'extraction, surtout lorsque l'US a été appliqué avant et après la malaxation (4%)
	105 W/cm ² 24 Hz and 150 W/cm ² 25 Hz 0–30 min	Pâte d'olive pendant le malaxage, directement dans la pâte et au bain-marie, respectivement	Augmentation des tocophérols, caroténoïdes, et chlorophylles et de chlorophylles. Diminution du TPC. Amélioration des attributs dans les analyses sensorielles.
Picual	900 W, 20-80 kHz en continu : 200 kg/h	Pâte d'olive avant malaxage ou avant centrifugation quand aucune malaxage a été effectuée	Profil sensoriel plus équilibré. Augmentation des niveaux de sécoiridoïdes et (E)-2-hexénal.

II.2.2. Extraction assistée par microondes

Au cours des dernières décennies, les traitements par micro-ondes dans l'industrie alimentaire ont gagné une popularité en raison de leurs faibles temps de traitement thermique, de leur simplicité opérationnelle et de leurs taux de chauffage élevés, qui se traduisent par des besoins de maintenance réduits (Aydar, 2019). Les performances d'extraction élevées et rapides, la faible consommation de solvant et la protection offerte aux constituants thermolabiles sont quelques-unes des caractéristiques attrayantes de cette nouvelle technique prometteuse d'extraction assistée par micro-ondes (EAM). Un bref historique théorique du chauffage par micro-ondes et les principes de base de l'utilisation de l'énergie micro-ondes pour l'extraction ont été présentés pour une meilleure compréhension (Mandal *et al.*, 2007).

II.2.2.1. Définition des micro-ondes

Les micro-ondes ou hyperfréquences sont des ondes électromagnétiques non ionisantes, composées d'un champ électrique et d'un champ magnétique. 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. Elles sont donc du même ordre grandeur que les dimensions des objets qui nous entourent.

Dans le spectre électromagnétique, les micro-ondes se situent dans les hyperfréquences, entre les ondes radios et l'infrarouge. La fréquence de 2.45 GHz ($\lambda = 12,2$ cm) est généralement la plus utilisée pour les applications industrielles afin d'éviter le risque d'interférence avec les radiocommunications et les radars (Bousbia *et al.*, 2011).

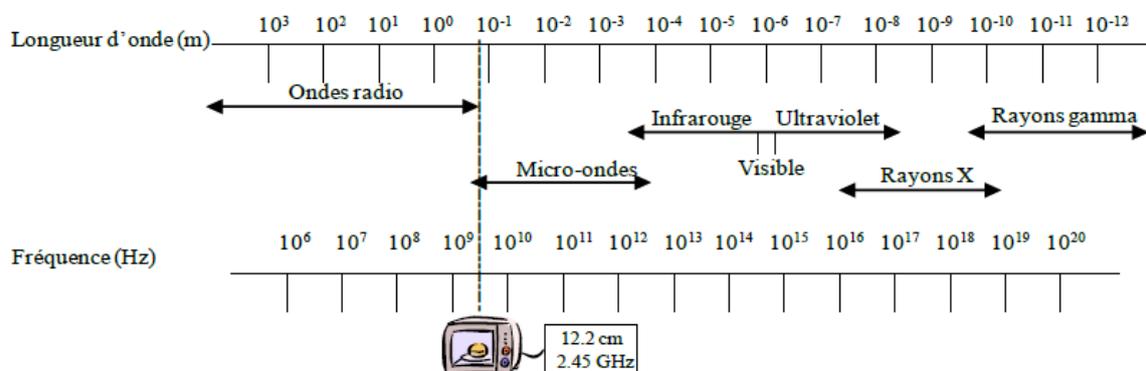


Figure 15 : Spectre électromagnétique (Bousbia, 2011).

II.2.2.2. Principes et mécanisme des microondes

La technologie des micro-ondes présente un effet mécanique dû au chauffage, qui détermine une augmentation du volume du tissu végétal et, de cette façon, les cellules explosent en libérant leur contenu dans la phase liquide. De plus, lorsque la phase liquide absorbe les micro-ondes, l'énergie cinétique de ses molécules augmente, et par conséquent, le taux de diffusion augmente également (Clodoveo *et al.*, 2014).

Il faut savoir que, contrairement au chauffage classique, les micro-ondes chauffent tout l'échantillon simultanément sans chauffer le récipient. Par conséquent, la solution atteint son point d'ébullition très rapidement, ce qui conduit à des temps d'extraction très courts (Mandal *et al.*, 2007).

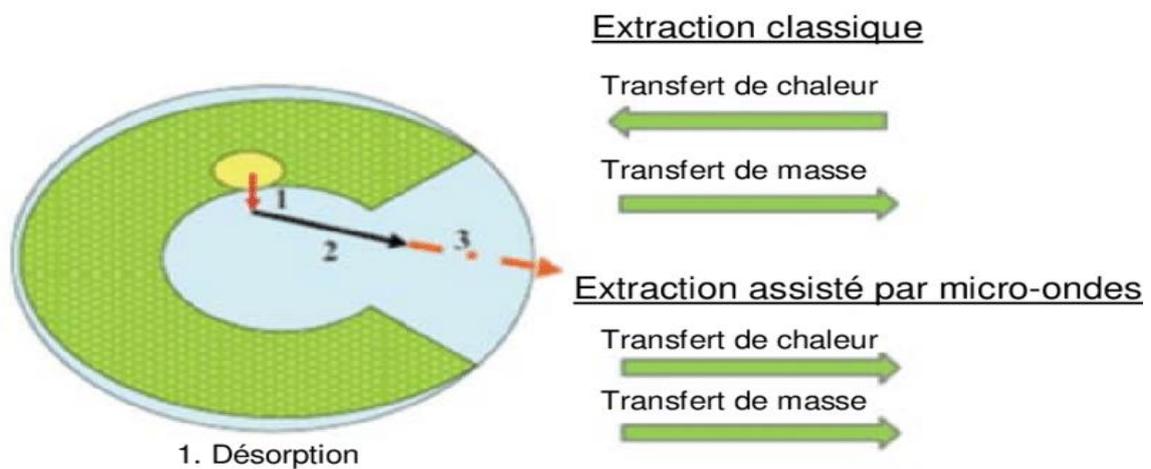


Figure 16 : Différence entre le chauffage microonde et le chauffage conventionnel.

Cette technique également est influencée par différents paramètres à savoir, le temps d'exposition aux ultrasons, la puissance appliquée, la température.

II.2.2.3. Avantages de l'extraction assistée par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes WO a été considérée comme une alternative potentielle à l'extraction solide-liquide traditionnelle pour l'extraction de produits chimiques. L'extraction solide-liquide traditionnelle pour l'extraction de métabolites des plantes. Elle a été utilisée pour plusieurs raisons :

- (1) temps d'extraction réduit
- (2) utilisation réduite de solvants
- (3) amélioration du rendement.

L'WO est également comparable à d'autres techniques d'extraction modernes techniques, en raison de la simplicité du procédé et de son faible coût. En tenant compte des aspects économiques et pratiques (Wang et Weller, 2006).

La salle de conditionnement du WO nécessite un volume minimal par rapport au le volume élevé de la machine de malaxage.

le système du WO réduit la quantité d'eau utilisée pour le nettoyage de la salle de conditionnement entre les lots et réduit le volume des eaux usées à éliminer (Leone et *al.*, 2014).

II.2.2.4. Application de la technique de microonde dans l'extraction de l'huile d'olive

Les auteurs ont appliqué le traitement par WO à la pâte d'olive pour déterminer s'il pouvait améliorer les rendements d'extraction de l'HOVE. Le procédé WO a considérablement réduit de manière significative le temps de malaxage (Pérez et *al.*, 2021).

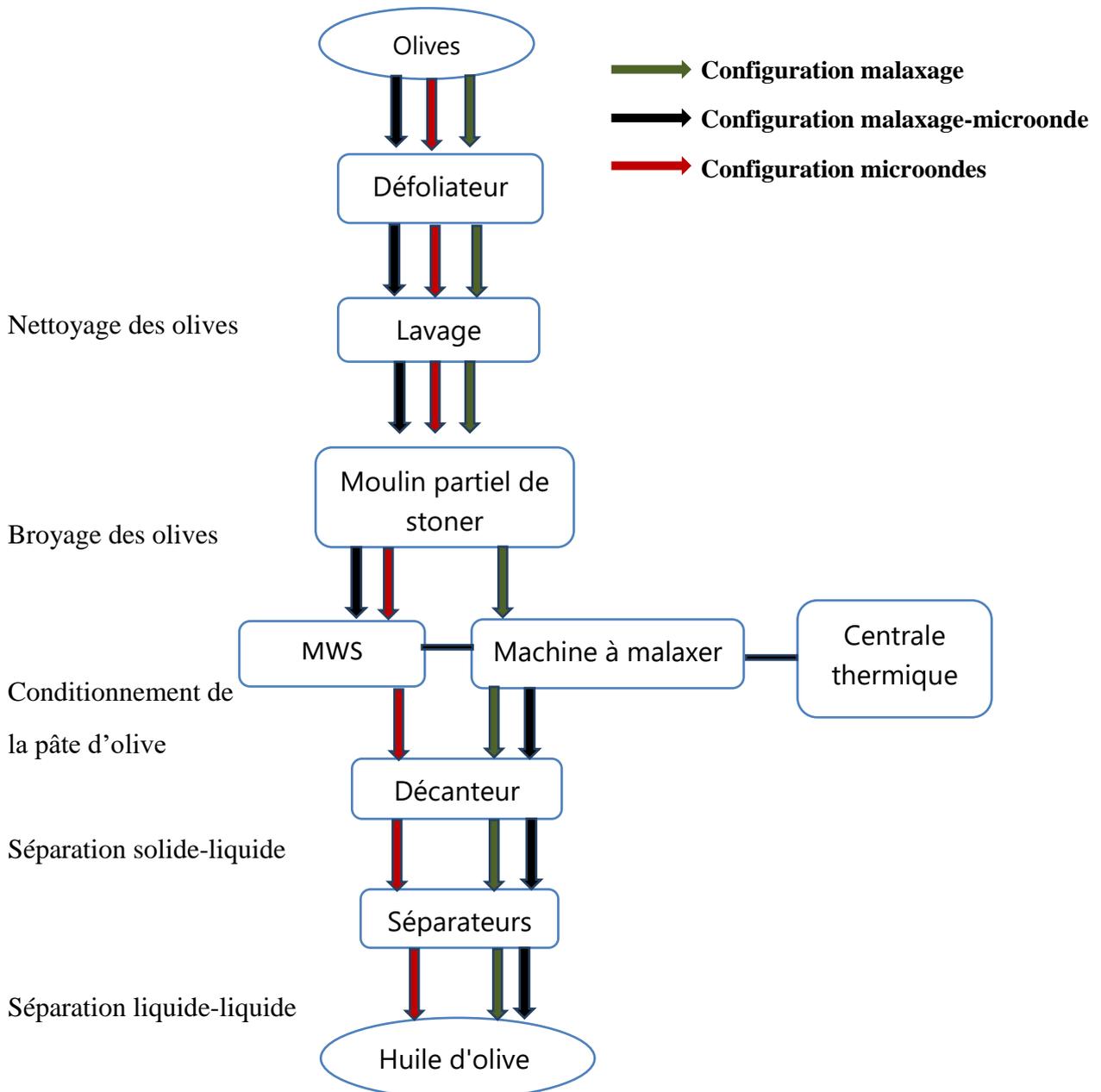


Figure 17 : Trajectoire de l'usine d'extraction d'huile d'olive (Leone et *al.*, 2015).

II.2.2.5. Impact de traitement par microonde sur la qualité d'huile d'olive vierge

a. Impact de traitement par microonde sur le rendement de l'extrait d'huile d'olive vierge

Selon **Clodoveo et al. (2013)** qui ont appliqué le WO dont les paramètres sont : 800 W, 180s, 2.45GH, sur une pâte d'olive de la variété Ogliarola Bares avant malaxage, ont constaté une augmentation du rendement d'extraction.

Une autre étude de **Leone et al. (2015)** ou ils ont comparé différents procédés d'extraction, et il a été rapporté qu'en matière de rendement.

Tableau 19 : Performances quantitatives des trois méthodes de conditionnement (Leone et al., 2015)

Méthodes de conditionnement	Rendement d'extraction (Kg d'huile .100Kg ⁻¹ d'olive)
malaxage	14,4 ± 0,3 ^a
microonde	14,2 ± 0,3 ^a
malaxage-microonde	14,3 ± 0,3 ^a

Aucune différence significative n'a été observé entre le procédé sans ou avec microondes. Néanmoins, une augmentation du rendement de (1,8%) a été rapportée par Leone et al. (2017).

b. Modifications de la microstructure des pâtes d'olives par SEM observation

Selon **Leone et al. (2014)**, l'application de WO sur la pâte d'olive avant malaxage en provoquant la rupture des cellules, a libéré l'huile piégée dans le tissu d'olive non broyé.

De plus, selon **Leone et al, (2015)**, les pâtes d'olives présentent une porosité bien prononcée, avec une série de cavités irrégulières (Fig.18), qui sont le résultat de la destruction partielle des cellules du parenchyme; ce dommage des parois cellulaires s'est produit pendant le malaxage de la pâte. Cependant, pour les pâtes d'olives soumises au traitement par micro-ondes (Fig.19) et à une malaxation ultérieure (Fig.20), une surface d'échantillon plus désorganisée, qui peut être le résultat d'une destruction importante des structures morphologiques, est recouverte d'une agrégation de gouttelettes d'huile denses.

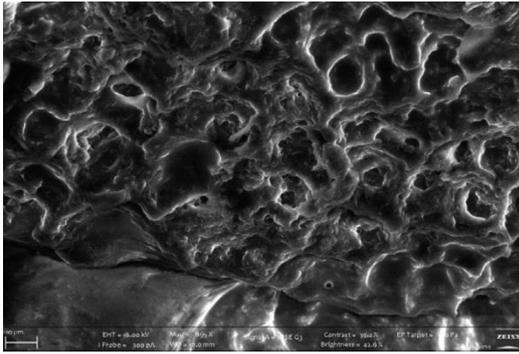


Figure 18 : Image SEM de la pâte d'olive soumise à la condition M

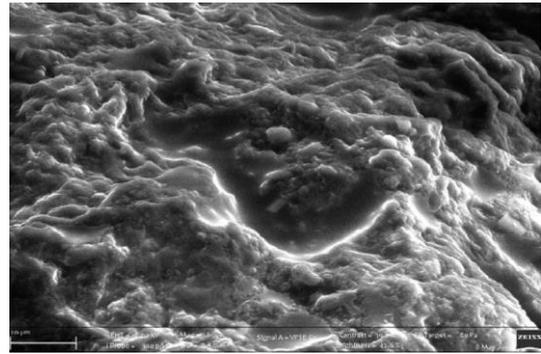


Figure 19 : Image SEM de la pâte d'olive soumise à la condition W

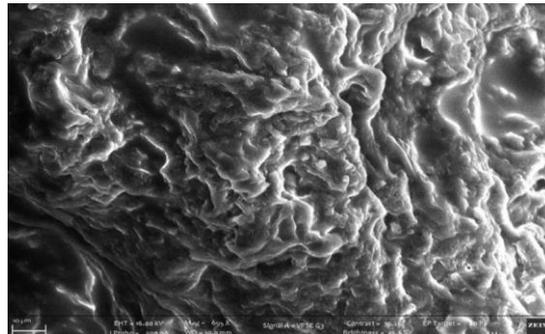


Figure 20 : Image SEM de la pâte d'olive soumise à la condition WO

c. Impact de traitement par microonde sur les paramètres de qualité d'huile d'olive vierge

Selon Leone et *al.* (2018), l'application de la microonde dans l'extraction d'huile d'olive n'affecte pas les paramètres de qualité (Acidité, Indice de peroxyde, K232, K270), et cette huile reste dans la catégorie extra vierge.

d. Impact de traitement par microonde sur les composée mineure d'huile d'olive vierge

L'HOVE produit à partir de la pâte d'olive traitée au WO était plus pigmenté que les huiles conventionnelles en raison de la perturbation des cellules.

Tableau 20 : Composée mineure (mg kg⁻¹) de l'huile d'olive (Leone et *al.*, 2014 ;Leone et *al.*, 2018).

	Témoin	WO
Phénol total	1222.2 ± 110.0 ^b	1245.4 ± 101.7 ^b
chlorophylle totale	164 ± 17	164 ± 17
caroténoïdes totaux	33 ± 6	81 ± 6

e. Impact de traitement par microonde sur la qualité sensoriel d'huile d'olive vierge

Il n'y a pas une différence significative dans les caractéristiques sensoriels entre l'huile témoin et l'huile traitée par WO (Leone et *al.*, 2018).

Bien que les micro-ondes soient une technologie émergente dans le domaine de la transformation des aliments, elles sont déjà connues par des consommateurs grâce à l'utilisation domestique répandue des fours à micro-ondes (Tang, 2015). Néanmoins, les aliments transformés par les micro-ondes ont encore certaines associations négatives, considérées comme potentiellement nocifs pour la santé et souvent associés aux radiations (Barcellos et *al.*, 2010). Cependant dans l'ensemble, l'acceptation par les consommateurs des aliments traités aux micro-ondes est élevée, et l'application de cette technologie continuera à se développer (Jermann et *al.*, 2015).

Tableau 21 : Descripteurs du panel sensoriel formé pour l'huile d'olive vierge (Leone et *al.*, 2018).

Echantillon	Descripteur sensoriel							
	Fruité	Amer	Épice	Tomate	verte	Banane	Noix	Astringence
Témoin	5.80 ^a	5.27 ^a	5.60 ^a	5.29 ^a	2.86 ^a	3.96 ^a	3.21 ^a	2.5 ^a
WO	5.23 ^a	5.06 ^a	5.16 ^a	4.97 ^a	3.36 ^a	3.71 ^a	2.69 ^a	2.50 ^a

II.2.3. Extraction assistée par les champs électrostatiques pulsés (CEP)

II.2.3.1. Définition

Le champ électrique pulsé est un traitement qui implique l'application d'impulsions de courant continu à haute tension pendant un durée de quelques microsecondes à quelques millisecondes, et de l'ordre de 10-80 kV/cm, à travers un matériau placé entre deux électrodes.

Cette technologie s'est avérée être une méthode efficace pour perméabilisations des membranes cellulaires dans les tissus végétaux et animaux sans augmentation significative de la température de l'échantillon et nécessitant un fonctionnement à faible coût (Toepfl et *al.*, 2006).

Les principaux composants d'un système de traitement CEP sont :

- un générateur d'énergie haute tension, constitué d'une alimentation haute tension, d'une batterie de condensateurs de stockage d'énergie, d'une résistance limitant le courant de charge, et un commutateur pour décharger l'énergie du condensateur ;
- une chambre de traitement constituée de deux électrodes séparées par un isolateur pour confiner le produit à traiter ;
- un système de manipulation des fluides (pompes, réservoirs d'eau, tuyaux et vannes) ;
- un système de contrôle pour surveiller le processus.

II.2.3.2. Applications de la technologie des champs électriques pulsés dans le processus d'élaboration de l'huile d'olive vierge.

Après le broyage, la pâte d'olive traitée par CEP, provoquant la désintégration ou la perméabilisations de la membrane cellulaire de l'olive, peut permettre la libération de l'eau, de l'huile et des solutés intracellulaires (métabolites secondaires). Bien que le traitement par champ électrique pulsé soit défini comme une technologie de traitement alimentaire non thermique, il y a une augmentation significative de la température pendant le traitement par champ électrique pulsé de haute intensité en raison du chauffage par effet Joule. L'augmentation de la température du produit est fonction de l'apport d'énergie et, par rapport au traitement thermique conventionnel, elle est assez faible et, en général, elle n'a pas d'incidence sur la qualité du produit.

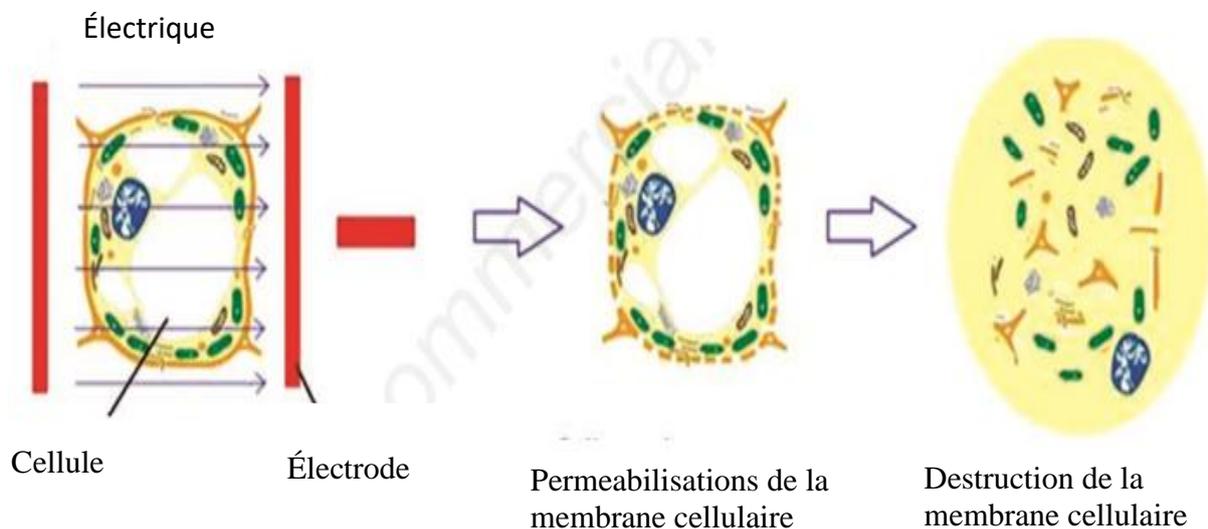


Figure 21 : Effet du champ électrique sur la membrane cellulaire : perméabilisations membranaire (Clodoveo et *al.*, 2014)

II.2.3.3. Impact du CEP sur la qualité d'huile d'olive vierge

a. Impact du CEP sur le rendement de l'extraction

Le rendement de l'extraction est considéré comme le principal paramètre permettant de déterminer l'efficacité économique et le rendement global de l'extraction de l'huile d'olive. Dans la production d'huile témoin réalisée dans cette étude (24 C ; 60 min de malaxage), le rendement d'extraction obtenu était de 20,00 kg/100 kg (huile témoin) (Figure 23).

L'application d'un un traitement CEP (2 kV/cm, 11,25 kJ/kg) à la pâte d'olive après malaxage (24 C ; 60 min) a augmenté significativement ($p < 0.05$) la valeur du rendement d'extraction jusqu'à 22.66% (Figure 23).

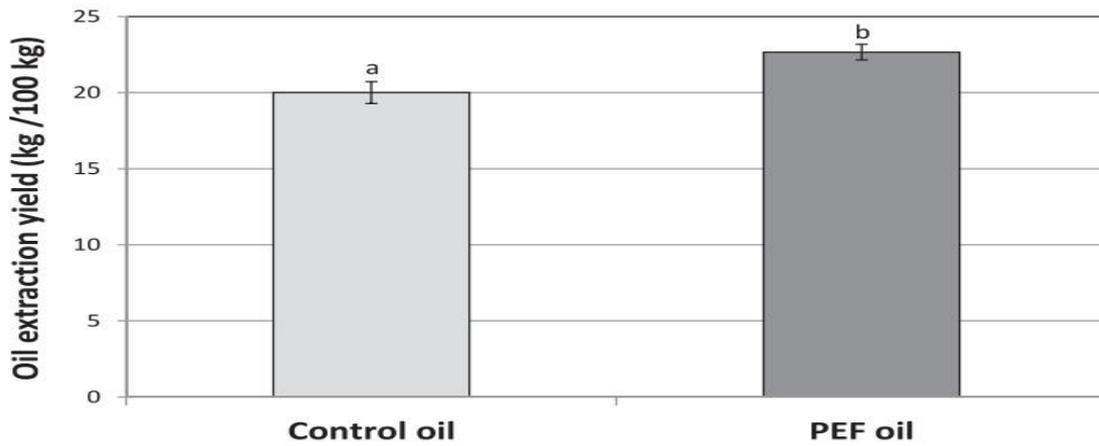


Figure 22 : Rendement d'extraction (kgd'huile/ 100 kg de pâte d'olive) obtenu en production pilote d'huile d'olive control et CEP (Puértolas et Martínez de Marañón, 2015)

b. Impact du CEP sur les phytostérols

Les phytostérols ont un rôle important sur la qualité, puisqu'ils contribuent à la valeur nutritionnelle de l'huile d'olive par l'exposition d'acides gras essentiels. Certains avantages pour la santé, tels que l'effet hypocholestérolémiant du sang ou la prévention du cancer.

La composition en phytostérols des huiles témoin et CEP est présentée dans le tableau 22. Les deux huiles présentaient une concentration totale en phytostérols correspondant à la catégorie HOVE (P1000 mg/kg).

L'huile CEP présentait une teneur en phytostérols totaux significativement plus élevée (1520 mg/kg) que celle du témoin (1382 mg/kg), soit une augmentation de 9.9%. Cette valeur plus élevée pourrait être associée à l'acidité libre plus élevée de l'huile CEP.

Tableau 22 : Composition en phytostérols des échantillons d'huile d'olive témoin et CEP (Puértolas et Martínez de Marañón, 2015).

	Témoin	CEP
Phytostérol Total	1380 ± 82.3 ^a (100%)	1520 ± 42.4 ^b (100%)

c. Impact du CEP sur les composés volatils détectés dans les HOVE

La fraction volatile de l'HOVE CEP (Tableau 23) n'a pas montré de différences significatives dans la somme des aldéhydes en C5 et C6 saturés et insaturés et des esters totaux, alors que la concentration d'alcools totaux a diminué de 25% par rapport à l'essai témoin.

Tableau 23 : Composés volatils détectés dans l'HOVE (Tamborrino et *al.*, 2019).

	Témoin	Traité par CEP
Aldéhydes	7056.8 ± 623.3 ^a	7600.8 ± 1259.3 ^a
Alcools	6472.0 ± 305.2 ^a	4856.8 ± 437.2 ^b
Esters	4380.5 ± 326.6 ^a	4150.0 ± 304.8 ^a

d. Impact du CEP sur paramètres de qualité d'HOVE

Les principaux paramètres de qualité juridique (acidité libre, indice de peroxyde, et les caractéristiques d'absorption des UV) des EVOO ont été déterminés par les méthodes officielles européennes (tableau 24).

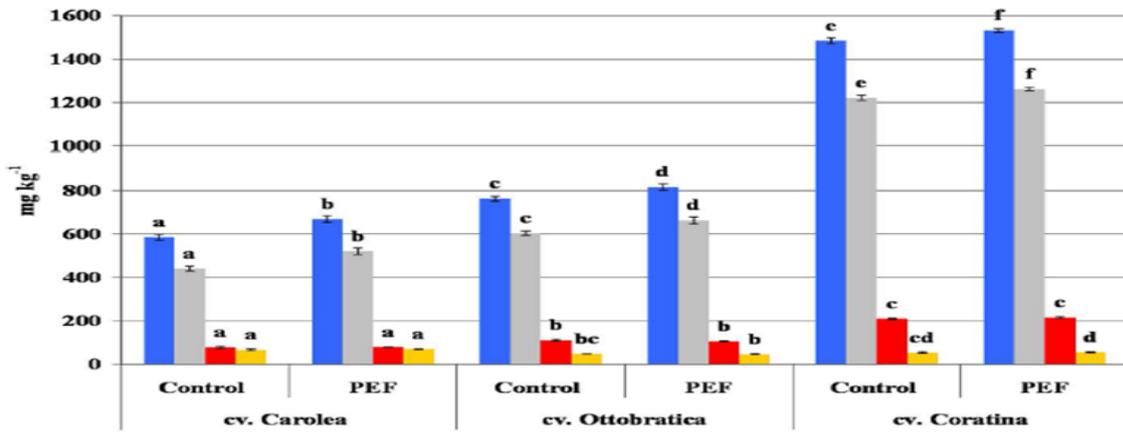
Tableau 24 : Paramètres de qualité juridique des HOVE témoin et CEP de trois cultivars italiens (Veneziani et *al.*, 2019).

	Acidité	IP	K232	K270
cv. Caroleaa				
Témoin	0.27 ± 0.01	5.6 ± 0.1	1.668 ± 0.003	0.106 ± 0.001
CEP	0.26 ± 0.002	6.0 ± 0.4	1.691 ± 0.01	0.111 ± 0.002
cv. Ottobratica				
Témoin	0.28 ± 0.01	6.0 ± 0.1	1.701 ± 0.004	0.166 ± 0.005
CEP	0.30 ± 0.01	6.2 ± 0.2	1.747 ± 0.02	0.153 ± 0.004
cv. Coratina				
Témoin	0.27 ± 0.02	3.0 ± 0.07	1.817 ± 0.01	0.187 ± 0.02
CEP	0.28 ± 0.01	3.1 ± 0.1	1.828 ± 0.02	0.185 ± 0.002

Le traitement CEP n'a pas modifié de manière significative l'acidité libre, L'indice de peroxyde, ou les indices spectrophotométriques UV des HOVE de l'un ou l'autre des cultivars par rapport au test de contrôle respectif.

e. Impact du CEP sur les composés phénoliques

Le CEP a également montré un impact positif sur la qualité de l'HOVE, caractérisée par une augmentation des composés phénoliques responsables des bienfaits pour la santé, avec une augmentation allant de 3,2 à 14,3 %. qui est fonction des différents cultivars d'oliviers et de leur indice de maturité (Veneziani et *al.*, 2019).



■ Phénols totaux ■ dérivés de l'oleuropéine ■ dérivés du ligstroside ■ les lignanes

Figure 23 : Composition phénolique (mg kg^{-1}) des HOVE CEP et témoins des trois différents cultivars d'olives italiennes. La teneur en composés phénoliques a été exprimée en phénols totaux, dérivés de l'oleuropéine, dérivés du ligstroside et les lignanes (Veneziani *et al.*, 2019).

f. Impact du CEP sur la teneur en tocophérol

La teneur en α -tocophérol était légèrement supérieure pour l'échantillon traité par CEP.

Les teneurs en phénol et en α -tocophérol contribuent à la stabilité oxydative de l'huile d'olive.

La résistance à l'oxydation était supérieure pour l'échantillon traité par CEP (Abenoza *et al.*, 2013).

	Témoin	CEP
α -Tocophérol (mg/Kg)	247.84 ± 0.36^a	252.01 ± 0.53^b

Les tocophérols, ainsi que les phénols, jouent un rôle important dans les propriétés antioxydants de l'huile d'olive et contribuant ainsi à maintenir la qualité pendant le stockage. En outre, une relation positive entre l' α -tocophérol et les propriétés anti-inflammatoires et d'activation endothéliale de l'huile d'olive a été signalée. Le tableau contient les valeurs des tocophérols totaux, de l' α -tocophérol, du β -tocophérol, du γ -tocophérol et du δ -tocophérol dans les huiles témoin et CEP. Toutes les valeurs se situent dans la même fourchette que les données rapportées pour d'autres huiles d'olive monovariétales.

L'huile témoin présentait une concentration totale de tocophérol de 19,2 mg/100 g. L'application du CEP a entraîné une augmentation significative de cette teneur de 15,0 % .atteignant une valeur de 22,0 mg/100 g.

Tableau 25 : Concentration totale et individuelle de tocophérol (mg/100g d'huile) présentée dans les huiles d'olive témoin et CEP (Puértolas et Martínez de Marañón, 2015).

	Témoin	CEP
α -Tocophérol	11.4 \pm 1.54 ^a	14.3 \pm 1.28 ^b
β -Tocophérol	4.60 \pm 1.57 ^a	4.53 \pm 1.08 ^a
γ -Tocophérol	2.82 \pm 0.82 ^a	2.93 \pm 0.46 ^a
δ -Tocophérol	0.30 \pm 0.11 ^a	0.27 \pm 0.17 ^a
Total tocophérols	19.2 \pm 1.61 ^a	22.0 \pm 0.64 ^b

g. Impact du CEP sur les propriétés sensorielles

Les deux huiles d'olive (l'huile d'olive témoin et l'huiles traite par le CEP) ont présenté des profils sensoriels appartenant à la catégorie des HOVE. D'un point de vue pratique, le CEP n'a pas affecté les propriétés sensorielles.

La médiane des défauts était de 0 pour les deux huiles d'olive. N'ont pas perçu de saveur ou de goût spécifique associé au traitement CEP.

L'impact du CEP sur la qualité sensorielle de l'huile d'olive serait similaire à celui d'autres méthodes d'extraction nouvel.

Tableau 26 : Valeurs des attributs sensoriels des huiles de contrôle et CEP (Puértolas et Martínez de Marañón., 2015).

	Huile témoin	Huile traité par CEP
Fruité médian	2.8	2.6
Médiane amère	2.9	2.9
Médiane piquante	3.1	3.2
Défaut médian	0	0

Il n'y a pas une différence significative dans les caractéristiques sensorielles entre l'huile témoin et l'huile traitée par CEP.

Tableau27 : Effet du champ électrique pulsé sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés bioactifs de l'huile d'olive extra vierge (HOVE) (Pérez et *al.*, 2021).

Cultivar	Paramètres	Matrice d'application	Effet	Réf
Carolea, Coratina, et Ottobratica	17 kJ/kg	Pâte d'olive après une malaxation	Augmentation du rendement d'extraction (2.3-6%). Augmentation du TPC (3,2-14,3 %).	Veneziani et <i>al.</i> , 2019.
Arroniz	11.25 kJ/kg		Augmentation du rendement d'extraction (13.3%). Augmentation des teneurs en CPT, phytostérols et tocophérols.	Puértolas et Martínez de Marañón, 2015.
Arbequina	1.47–5.22 kJ/kg	Pâte d'olive avant la malaxation	Rendement d'extraction accru (14 %) sans ou avec malaxage à 15 °C. PTC réduit et vitamine E inchangée.	Abenoza et <i>al.</i> , 2013.
Unspecified	7.83 kJ/kg		Augmentation du rendement d'extraction (7,5 %). Augmentation de la concentration d'oléacétine et d'oléocanthal à basse température.	Tamborrino et <i>al.</i> , 2019.
Coratina	16 kV, 100 µs durée d'impulsion		Augmentation de l'extractibilité de l'huile (3.71%). Augmentation du rendement en huile (0,38%)	Romaniello et <i>al.</i> , 2019.
Unspecified	0,7 kV/cm (30 impulsions) 1,3 kV/cm (100 impulsions)		Rendement d'extraction accru (7,4 %) à 1,3 kV/cm.	Guderjan et <i>al.</i> , 2005.
Tsounati, Amfissis, Manaki	1.6–70.0 kJ/kg	Fruits	Augmentation du rendement d'extraction (18%). Augmentation du TPC. Amélioration de la stabilité oxydative	Andreou et <i>al.</i> , 2017.

II.2.4. Combinaison des technologies émergentes dans l'extraction de l'huile d'olive vierge.

II.2.4.1. Traitement combiné par micro-ondes-mégasons.

la combinaison de ces technologies émergentes pourrait contribuer au développement d'un processus d'extraction de l'huile d'olive en continu avec une extractibilité plus élevée que le processus traditionnel par lots sans diminution significative de la qualité de l'huile. Des études de stabilité à long terme et des études sensorielles devraient également être réalisées pour évaluer les effets à long terme de ces nouvelles technologies.

- Leone et *al.*, 2018 se sont intéressés à étudier l'impact de l'utilisation d'un traitement WO et MS en utilisant des fruits d'olives du cultivar Coratina (*Olea europaea* L) avec un indice de maturité de 1,5 déterminé selon la méthode proposée par le Conseil Oléicole International COI, 2001.

propriétés de la pâte et du marc après les traitements suivants :

- (a) extraction de l'huile selon le procédé traditionnel avec malaxage (témoin) ;
- (b) extraction de l'huile par le procédé traditionnel avec malaxage suivi d'un traitement au MS (Témoin + MS) ;
- (c) extraction de l'huile à l'aide du prototype WO pour le conditionnement de la pâte et sans malaxage (WO) ;
- (d) extraction de l'huile en utilisant le prototype WO pour le pré-conditionnement, sans malaxage, suivi d'un traitement MS (WO + MS).

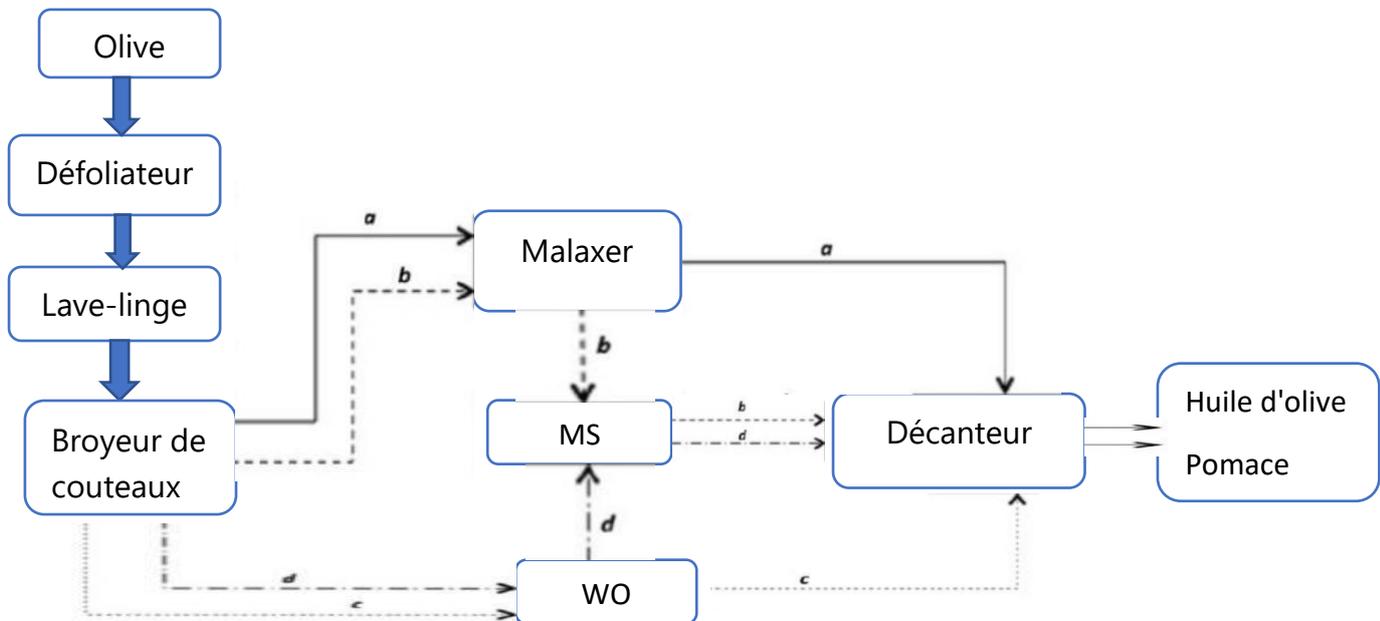


Figure 24 : configuration de plans testés : la ligne continue est le témoin (traitement a) ; le linge pointillée est le témoin + MS (traitement b) ; linge pointillée : WO (traitement c) ; linge pointillée-pointillée : WO+MS (traitement d) (Leone et *al.*, 2018).

a. Impact du traitement combiné micro-ondes-mégasons sur le rendement.

L'extractibilité de l'huile obtenue après le conditionnement traditionnel par malaxage.

Le conditionnement MS, malaxage traditionnel suivi de MS, et conditionnement combiné MS+MO, était de 84,6, 86,8, 84,7, et 87,0 % (g d'huile/100 g d'huile dans la pâte), respectivement, comme l'ont montré Leone et *al.*, 2017. Les données d'extractibilité sont confirmées par la diminution de la valeur de l'huile dans le grignon et la réduction de la viscosité de la pâte après WO, MS ou MS+WO. Même si une augmentation supplémentaire de l'huile de 2,5 % (sur la base de l'huile dans la pâte) fournit des rendements supplémentaires pour le moulin, il est important d'évaluer si la qualité des huiles obtenues après chaque conditionnement a pas été altérée.

b. Impact du traitement combiné micro-ondes-mégasons sur les composés phénoliques.

Selon Leone et *al.* (2018). En ce qui concerne les phénols totaux, il existe une augmentation significative des phénols totaux lorsque la combinaison WO + MS est utilisée par rapport aux autres combinaisons.

Tableau 28 : Teneur en phénol total (mg kg⁻¹) de l'huile d'olive après différent traitement.

	Témoin	WO+MS	WO	MS
Phénol total	1222,2 ± 110,0 ^b	1494,8 ± 23,7 ^a	1245,4 ± 101,7 ^b	1454,5 ± 86,3 ^{ab}

✓ Impact du nouveau conditionnement sur les paramètres de l'huile vierge extra commerciale

Les valeurs des paramètres de qualité (acidité libre, indice de peroxyde et K232 et K270), trouvées dans les huiles obtenues par le processus d'extraction traditionnel ou par conditionnement avec des traitements uniques de WO et MS, ou leurs combinaisons, étaient conformes aux spécifications obligatoires du CIO pour l'huile d'olive vierge extra (tableau 29).

Tableau 29 : Paramètres d'huile d'olive vierge standard survient par le COI, 2017

Tests	Acidité libre (%)	Indice de peroxyde	K232	K270
Témoin	0.20 ± 0.01 ^a	6.37 ± 0.14 ^a	1.721 ± 0.005 ^b	0.133 ± 0.006 ^a
MS	0.20 ± 0.02 ^{ab}	4.50 ± 0.12 ^b	1.690 ± 0.003 ^a	0.134 ± 0.004 ^a
WO	0.23 ± 0.01 ^b	4.25 ± 0.10 ^b	1.877 ± 0.003 ^d	0.158 ± 0.001 ^b
WO+MS	0.20 ± 0.00 ^{ab}	4.41 ± 0.05 ^b	1.829 ± 0.002 ^c	0.169 ± 0.001 ^c
CIO	≤ 0.8	≤ 20	≤ 2.50	≤ 0.22

c. Impact du traitement combiné micro-ondes-mégasons sur l'analyse sensorielle

Selon Leone *et al.* (2018), les notes moyennes des descripteurs associés aux huiles étudiées et les résultats de l'analyse de la variance sont présentées dans le tableau 30.

Tableau 30 : Descripteurs du panel sensoriel formé pour l'huile d'olive vierge.

Échantillon	Descripteur sensoriel							
	Fruité	Amer	Épices	Vert	Tomate	Banane	Noix	Astringence
Contrôle	5.80 ^a	5.27 ^a	5.60 ^a	5.29 ^a	2.86 ^a	3.96 ^a	3.21 ^a	2.5 ^a
MS	5.61 ^a	5.50 ^a	5.60 ^a	5,00 ^a	3.77 ^a	4.03 ^a	2.86 ^a	2.2 ^a
WO	5.23 ^a	5.06 ^a	5.16 ^a	4.97 ^a	3.36 ^a	3.71 ^a	2.69 ^a	2.50 ^a
WO+MS	5.71 ^a	5.13 ^a	5.61 ^a	5.14 ^a	3,00 ^a	3.96 ^a	3.14 ^a	2.43 ^a

Aucune différence significative n'a été trouvée dans aucun des descripteurs sensoriels, ce qui indique que les technologies étudiées n'ont pas affecté le profil sensoriel.

d. Impact du traitement combiné micro-ondes-mégasons sur les composés volatils

Selon Leone *et al.* (2018). Les composés volatils associés à l'arôme HOV, rapportés dans le tableau, n'ont pas montré de différences significatives qui pourraient être associées aux traitements MS et WO effectués sur la pâte d'olive. Ces résultats prouvent que les traitements au MS et/ou WO dans les pâtes d'olives n'inhibent pas l'activité de la lipoxigénase (LOX), qui est la principale voie responsable de la génération de l'arôme dans le traitement des HOV. En fait, les composés volatils produits par la voie LOX, tels que les aldéhydes et les alcools en C5 et C6 responsables des notes sensorielles "herbe coupée" et "vert" respectivement, ne présentent pas de différences significatives.

Tableau 31 : Composés volatils ($\mu\text{g kg}^{-1}$) évalués dans les huiles d'olive.

	Témoin	WO+MS	WO	MS
Somme des C5 et C6 aldéhyde	43269 \pm 1783 ^{ab}	46285 \pm 3237 ^{ab}	48990 \pm 2637 ^a	40528 \pm 4554 ^b
Somme des alcools en C5 et C	4421 \pm 841 ^a	2647 \pm 107 ^a	5700 \pm 3635 ^a	2670 \pm 216 ^a
somme des esters C	108 \pm 40 ^b	40 \pm 9 ^b	266 \pm 42 ^a	52 \pm 12 ^b
somme des cétones C	468 \pm 74 ^b	498 \pm 33 ^b	649 \pm 247 ^a	425 \pm 36 ^b

II.2.4.2. Traitement combiné par ultrasons, micro-ondes et échange thermique

a. Installation industrielle combinée d'extraction d'huile d'olive par ultrasons, micro-ondes et échange thermique

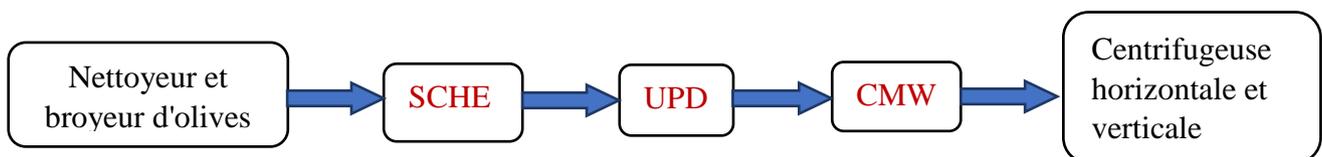
Une installation industrielle combinée (IIC) construite à partir d'un dispositif à ultrasons à basse fréquence, d'un appareil à micro-ondes et d'un échangeur de chaleur est utilisée pour étudier la possibilité réelle d'introduire ces technologies innovantes dans le processus d'extraction de l'huile d'olive et d'en évaluer l'influence sur la qualité de l'huile d'olive.

L'expérimentation a mis en évidence l'importance de l'utilisation de l'échangeur de chaleur à spirale qui, en complément du malaxeur, réduit de moitié le temps de conditionnement. De plus, la spirale interne facilite à déplacer la pâte de la section d'entrée à la section de sortie, ce qui permet de limiter les pressions de fonctionnement.

Par conséquent, l'échangeur de chaleur est un dispositif utile pour l'ajustement rapide de la température de la pâte d'olive, après le broyage, améliorant ainsi l'effet de malaxage, ce qui rend nécessaire sa mise en œuvre dans le cadre du processus d'extraction de l'huile (Tamborrino et *al.*, 2019).

b. Extraction d'huile d'olive par ultrasons, micro-ondes et échange thermique.

L'IIC a été actionné par les trois appareils L'échangeur de chaleur à serpentin (SCHE), Le dispositif pilote à ultrasons de haute puissance (UPD) et machine Le système de micro-ondes en continu (CMW). Et le machine à malaxer (MM) a été contournée. La pâte d'olive qui venait d'être broyée a été pompée dans le SCHE, jusqu'à atteindre $21 \pm 1^\circ\text{C}$, puis dans l'UPD suivi du CMW jusqu'à atteindre $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Le temps de fonctionnement était de 3,61 min pour le traitement par échange thermique, 1,3 min pour le traitement par UPD et 0,6 min pour le traitement du dispositif à micro-ondes. L'énergie spécifique transférée était de $15,60 \text{ kJ kg}^{-1}$ lorsque la machine CMW était utilisée et de $8,31 \text{ kJ kg}^{-1}$ lorsque l'UPD a été utilisée.



c. Impact sur la qualité et le rendement de l'huile d'olive

En ce qui concerne l'extractibilité il n'y avait pas de différences significatives entre les conditions, sauf lorsque seul le SCHE était utilisé, où la valeur d'extractibilité était statistiquement inférieure à celle des quatre autres conditions de test, sans différence significative entre elles (Tableau 32).

Tableau 32 : Résultats quantitatifs du traitement des olives d'Arbosana(Tamborrino et *al.*, 2019).

	MM	SCHE	SCHE - MM	SCHE-CMW	SCHE-UPD-CMW
E (%)	83.21 ± 1.13 ^{ab}	71.42 ± 1.69 ^b	83.20 ± 1.58 ^{ab}	83.50 ± 1.74 ^{ab}	85.51 ± 1.24 ^a

Sur la base de l'analyse des données relatives à l'extractibilité, il est possible d'affirmer que l'utilisation du seul SCHE n'est pas suffisante pour obtenir une efficacité élevée dans le conditionnement de la pâte d'olive.

En comparant le MM, SCHE, SCHE-MM et SCHE-CMW, il est possible d'analyser les effets individuels du système à micro-ondes sur les performances de l'installation.

De plus, le traitement SCHE-MW n'a pas montré de différences significatives dans l'extractibilité par rapport au traitement témoin (MM) et SCHE-MM. Cependant, il a été possible d'obtenir une réduction significative du temps de conditionnement, en obtenant un processus entièrement continu, sans interruptions, de la phase de broyage à la phase de séparation solide-liquide.

Cela a confirmé les conclusions précédentes tirées par Leone et al. (2014) et Tamborrino et al. (2014). L'effet positif du CMW sur l'E a été démontré dans cette étude, avec une augmentation thermique de 4°C et un transfert d'énergie spécifique d'environ 15.60 kJ kg⁻¹.

Tableau 33 : Contenu phénolique total, tocophérols et pigments des échantillons d'huile d'Arbosana (Tamborrino et *al.*, 2019).

Composes	SCHE-UPD-CMW	SCHE	MM	SCHE-MM	SCHE-CMW
CPT	195±15 ^a	129±15 ^c	194±16 ^a	169±13 ^b	158±14 ^b
Tocophérols	265.45±1.38 ^{ab}	266.81±3.16 ^{ab}	279.48±3.72 ^a	259.56±2.72 ^b	259.89±30.71 ^b
Caroténoïdes	8.07±1.79 ^{ab}	8.25±0.99 ^{ab}	8.55±1.64 ^{ab}	6.45±1.51 ^b	8.98±2.77 ^a
Chlorophylles	5.18±0.06 ^a	4.23±0.03 ^b	4.12±0.02 ^c	3.80±0.05 ^d	3.79±0.03 ^d

Le tableau 33 présente le profil phénolique de l'huile par HPLC des composés identifiés. Dans l'ensemble, les données sont en accord avec les résultats du contenu en polyphénol totaux (CPT) et si l'on considère la quantité totale. En effet, les valeurs les plus élevées ont été déterminées dans les huiles SCHE-UPD-CMW et MM, la quantité la plus faible étant à nouveau détectée dans les huiles SCHE.

Il est bien connu que, pendant la malaxation, plusieurs réactions enzymatiques ont lieu, et que les enzymes dégradant les parois (pectinases, cellulases et hémicellulases) ainsi que les glycosidases et les oxydoréductases (polyphénol oxydase et peroxydase) endogènes peuvent affecter la libération des composés phénoliques ainsi que leur profil et leur contenu.

Un temps plus court a entraîné une moindre action enzymatique et donc une réduction phénolique. En fait, dans les essais SCHE-MM, SCHE-CMW et SCHE, le conditionnement de la pâte était plus rapide et les composés phénoliques étaient plus faibles que dans la malaxation commune (MM) (Tamborrino et *al.*, 2019).

Tableau 34 : Effet des technologies combiné sur le rendement, les paramètres de qualité et les composés bioactifs de l'huile d'olive extra vierge (HOVE).

Cultivar	Paramètres	Matrice d'application	Effet	Réf
Arbequina, Peranzana, Nocellara, Coratin	HPP 1.7–3.5 Bar + US 2.6–3.5 kW, 20 Hz, 2300 kg/h	Pâte d'olive avant malaxage	Augmentation du rendement d'extraction (6 %). Augmentation du CPT.	Servilia et <i>al.</i> , 2019.
Coratina	MW 3.3–4.0 kW 2.45 GHz 395 kg/h + US 2.08 kW 400–600 Hz 395 kg/h	Pâte d'olive avant malaxage ou avant centrifugation	La combinaison de WO et d'US a permis d'éviter la malaxation et d'augmenter le rendement (2,2 %). Augmentation du CPT lorsque le mégason était appliqué.	Leone et <i>al.</i> , 2018.
	MW 5.34 kW, 2.45 GHz 1200 kg/h + US 3.3 kW, 20 kHz, 1200 kg/h + heat Exchange		La combinaison de l'US, du WO et d'un dispositif d'échange de chaleur en spirale a permis d'obtenir un rendement plus élevé que l'extraction conventionnelle. Aucune modification n'a été observée dans l'huile	Tamborrino et <i>al.</i> , 2019.

II.3. Acceptation par les consommateurs de l'huile d'olive traitée par les technologies émergentes.

II.3.1. Par ultrasons

Les ultrasons sont considérés comme une technologie respectueuse de l'environnement car ils ne génèrent pas de déchets et ne sont pas toxiques pour l'homme (José., Vanetti, 2012) En fait, l'ultrason de haute puissance (UHP) a été appliquée dans divers secteurs industriels, notamment ceux liés à la transformation et à la sécurité des aliments. Au cours de la dernière décennie, le traitement US est devenu une technique alternative de traitement non thermique des aliments avec un nombre croissant d'applications potentielles dans l'industrie alimentaire. Un nombre croissant d'applications potentielles dans l'industrie alimentaire et globalement neutres à bonne acceptabilité du produit final.

L'effet de l'UHP sur les caractéristiques sensorielles de la pâte d'olive a été analysé pour la première fois par Jiménez en 2007 (Jiménez et *al.*, 2007), qui a constaté que les huiles obtenues étaient nettement moins amères que les huiles non traitées, et qu'aucun volatile au goût désagréable n'était détecté. Un panel sensoriel a décrit les huiles traitées aux États-Unis comme étant plus fruitées, vertes et piquantes, et moins amères que le témoin. Des résultats similaires ont été trouvés par Clodoveo et *al.*, 2013, qui a établi que la concentration plus faible en polyphénols améliorait le goût du Coratina HOVE (Clodoveo et *al.*, 2013) le rendant moins amer et piquant sans affecter les notes fruitées, amer et piquant sans affecter les notes fruitées. En revanche, Almeida et *al.*, 2017 ont conclu que l'application de l'US au traitement de l'HOVE avait amélioré ses principaux attributs sensoriels positifs (fruité, amer et piquant) en augmentant de manière significative la teneur en phénols (principalement des sécoiridoïdes) et en composés volatils (aldéhydes en C6, alcools en C6, alcools en C5, dimères en C5).

Dans une autre étude, l'analyse sensorielle n'a montré aucune différence entre les échantillons d'huile d'olive Arbequina et Frantoio disponibles dans le commerce et ceux traités par UHP (Iqdiam et *al.*, 2018).

Bejaoui et *al.* (2018), a rapporté que les composés volatils liés à des attributs sensoriels positifs avaient des niveaux similaires à ceux des huiles produites par malaxage conventionnel, alors que ceux liés aux mauvais goûts ne se sont pas développés. En outre, dans des études récentes, l'HOVE extrait avec de l'US a été accepté par les consommateurs, qui étaient prêts à l'acheter, mais sans payer davantage (Cavallo et *al.*, 2020 ; Roselli et *al.*, 2020).

II.3.2. Par Champs électriques pulsés.

Les traitements par champs électriques pulsés sont considérés comme sûrs par les consommateurs, car ils n'impliquent aucune réaction chimique dangereuse (Soliva-Fortuny et *al.*, 2009). Et les produits traités sont perçus comme plus naturels par rapport aux aliments traités de manière conventionnelle. Les techniques CEP sont également considérées comme économes en énergie et respectueuses de l'environnement (Frewer et *al.*, 2011).

Bien que les aliments traités au CEP soient généralement considérés comme non susceptibles de provoquer des allergies.

En ce qui concerne la qualité de l'HOVE, l'analyse sensorielle a révélé que l'application d'un traitement CEP ne génère aucun mauvais goût ou saveur dans l'huile d'olive Arbequina (Abenoza et *al.*, 2013). De plus, il n'y a pas eu d'altération des paramètres établis pour mesurer le niveau de qualité de l'HOVE (acidité, indice de peroxyde, K232 et K270). Une étude réalisée par Puértolas et *al.*, 2015 n'a pas non plus trouvé d'impact négatif du CEP sur les caractéristiques sensorielles de l'huile d'olive.

*Conclusion
générale*

L'olivier est un arbre renfermant de nombreux cultivars, se caractérise par ses fruits où la couleur et la composition des olives varient au cours de maturation. Ces fruits sont la source de l'huile d'olive qui est classée en différentes catégories selon les critères de classification. De plus, l'huile d'olive se compose de différents constituants où la proportion la plus élevée est représentée par les triglycérides.

Dans le domaine de l'extraction de l'huile d'olive, les recherches scientifiques actuelles se sont concentrées sur l'amélioration de la qualité et le rendement, en accordant une attention particulière à l'optimisation de l'efficacité de l'extraction et à la réduction de la durée du processus. En effet, des études se sont focalisées particulièrement sur l'amélioration du processus traditionnel de malaxage, une étape clé dans la production de l'huile d'olive. Dans ce cadre, des technologies émergentes à savoir les micro-ondes (WO), les champs électriques pulsés (CEP) et les ultrasons (US) ont été appliquées et exploitées dans l'extraction de l'huile d'olive vierge.

Le processus d'extraction assisté par les technologies CEP, US et WO s'est avéré être très efficace sur les pâtes d'olives, conduisant à une augmentation significative du rendement en huile. En ce qui concerne la teneur en composés bioactifs (phénols, phytostérols, tocophérol, caroténoïdes, chlorophylles, et composés volatils), les paramètres de qualité de l'huile (stabilité oxydative et indice de peroxyde) et les attributs sensoriels, en général, sont améliorés après le processus d'extraction assisté par ces technologies émergentes, mais le degré d'amélioration semble dépendre de la technologie et du type de produit et des conditions de traitement utilisées. D'après ce résultat la meilleure méthode c'est l'extraction par ultrasons.

la combinaison de ces technologies émergentes pourrait contribuer au développement d'un processus d'extraction de l'huile d'olive en continu avec une extractibilité plus élevée que le processus traditionnel sans diminution significative de la qualité de l'huile.

L'application des technologies émergentes pour améliorer l'extraction mécanique de l'huile d'olive nécessite des recherches plus approfondies tant sur l'établissement des conditions optimales de traitement et les effets des facteurs externes, tels que le cultivar, l'indice de maturité et la température.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- Abenzoza, M., Benito, M., Saldaña, G., Álvarez, I., Raso, J., Sánchez-Gimeno, A.C. 2013. Effects of pulsed Electric Field on Yield Extraction and Quality of Olive Oil. *Food Bioprocess Technol.* 6, 1367–1373.
- Abdessemed, S., Abdessemed, A., Boudchicha, R-H., Benbouza, H. 2018. Caractérisation et identification de quelques écotypes d'olivier *Olea europaea* L en Algérie. *Agriculture Journal.* 8, 26-43.
- Achat, S., Tomao, V., Madani, K., Chibane, M., Elmaataouib, M., Dangles, O., Chemat, F. 2012. Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration. at laboratory and pilot plant scale *Ultrasonics Sonochemistry.* 19, 777–786.
- Achat, S. 2013. Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métallique. Thèse de doctorat (Sciences Alimentaires) Université A. Mira-Bejaia, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie. 260p.
- Aggoun-Arhab, M. 2016. Caractérisation de la composition en micro-constituants des margines issues de la production oléicole et utilisabilité comme complément dans la ration chez la vache laitière. Thèse de doctorat. Université Frères Mentouri-Constantine. 175p.
- Almeida, B., Valli, E., Bendini, A., Toschi, T.G. 2017. Semi-industrial ultrasound-assisted virgin olive oil extraction: Impact on quality. *European Journal of Lipid Science and Technology.* 119, 160-230.
- Amirante, R., Clodoveo, M-L. 2017. "Developments in the design and construction of continuous full-scale ultrasonic devices for the EVOO industry." *European Journal of Lipid Science and Technology.* 119, 160-438.
- Andreou, V., Dimopoulos, G., Alexandrakis, Z., Katsaros, G., Oikonomou, D., Toepfl, S., Heinz, V., Taoukis, P. 2017. Shelf-life evaluation of virgin olive oil extracted from olives subjected to non-thermal pretreatments for yieldincrease. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 40, 52–57.

- Antonella de leonardis, A. 2014. Virgin olive oil Production, composition, uses and benefits for man. By Nova Science Publishers. 406p.
- Aparicio-Ruiz, R., Mínguez-Mosquera, M. I., Gandul-Rojas, B. 2010. Thermal degradation kinetics of chlorophyll pigments in virgin olive oils. 1. Compounds of series a. Journal of Agricultural and food chemistry. 58, 6200-6208.
- Assami, K. 2014. Extraction assistée par ultrasons des huiles essentielles et arômes du *Carum carvi* L. d'Algérie. Thèse de doctorat (CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUEE). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene Faculté de Chimie. 139p.
- Aydar, A.Y. 2018. Emerging Extraction Technologies in Olive Oil Production. In Technological Innovation in the Olive Oil Production Chain; Intech Open: London. 10p.
- Austin, M. A. 1991. Plasma triglyceride and coronary heart disease. Arteriosclerosis and thrombosis. Journal of Vascular Biology. 11, 2-14.

B

- Barcellos, M.D., Kügler, J.O., Grunert, K.G., Van Wezemael, L., Pérez-Cueto, F.J., Ueland, Ø., Verbeke, W.2010. European consumers' acceptance of beef processing technologies: A focus group study. Innov Food Science Emerging Technologies. 11, 721–732.
- Barjol, J-L. 2014. L'économie mondiale de l'huile d'olive. OCL. 21, 502p.
- Bejaoui, M.A., Sánchez-Ortiz, A., Aguilera, M.P., Ruiz-Moreno, M.J., Sánchez, S., Jiménez, A., Beltrán, G. 2018. High power ultrasound frequency for olive paste conditioning: Effect on the virgin olive oil bioactive compounds and sensorial characteristics. Innov Food Science Emerging Technologies. 47, 136–145.
- Boskou, D. 2008. Olive oil: minor constituents and health. Taylor & Francis Group. 248p.
- Boskou, D. 2015. Olive and olive oil bioactive constituents. Elsevier. 397p.
- Bousbia, N. 2011. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. (Doctoral dissertation, Université d'Avignon, Français). 176p.

-Breton, C., Médail, F., Pinatel, C., Bervillé, A. 2006. De l'olivier à l'oléastre: origine et domestication de l'*Olea europaea* L. dans le Bassin méditerranéen. Cahiers Agricultures. 15, 329-336.

C

-Camin, F., Bontempo, L., Ziller, L., Piangiolino, C., Morchio, G. 2010. Stable isotope ratios of carbon and hydrogen to distinguish olive oil from shark squalene-squalane. Rapid communications in mass spectrometry. 24, 1810-1816.

-Cavallo, C., Carlucci, D., De Gennaro, B., Carfora, V., Caso, D., Cicia, G., Clodoveo, M.L., Del Giudice, T., Di Monaco, R., Roselli, L. 2020. Innovation in traditional foods: A laboratory experiment on consumers' acceptance of extra-virgin olive oil extracted through ultrasounds. NJAS Wagening. J. Life Sci. 92, 100-336.

-Chemat, F., Tomao, V., Viot, M. 2008. Ultrasound-assisted extraction in foodanalysis. In Hand book of Food Analysis Instruments by Semith ötles. 85 – 103.

-Chen, F., Zhang, Q., Fei, S., Gu, H., Yang, L. 2017. Optimization of ultrasonic circulating extraction of samara oil from *Acer saccharum* using combination of Plackett-Burman design and Box-Behnken design. Ultrason. Sonochem. 35, 161–175.

-Clark A.L., Matera, K.M. 2010. Effect of unsaturation in fatty acids on the binding and oxidation by myeloperoxidase: Ramifications for the initiation of atherosclerosis. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 20, 5643–5648.

-Clodoveo, M.L., Durante, V., La Notte, D., Punzi, R., Gambacorta, G. 2013. Ultrasound-assisted extraction of virgin olive oil to improve the process efficiency. European Journal of Lipid Science and Technology. 115, 1062–1069.

-Clodoveo, M.L., Dipalmo, T., Schiano, C., La Notte, D., Pati, S. 2014. What's now, what's new and what's next in virgin olive oil elaboration systems? A perspective on current knowledge and future trends. Journal of Agricultural Engineering. 45, 49-59.

-Clodoveo, M- L. 2019. Industrial ultrasound applications in the extra-virgin olive oil extraction process: History, approaches, and key questions. Foods. 8, 121p.

- Conseil Oléicole International (COI). 2015. norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. COI/T.15/NC n° 3/Rév. 8.
- Conseil Oléicole International (COI). 2018. Norme Commerciale Applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. COI/T.15/NC n° 3/Rév. 12.
- Conseil Oléicole International (COI). 2018^a. analyse sensorielle de l'huile d'olive, méthode d'évaluation organoleptique de l'huile d'olive vierge. COI/T.20/Doc. n° 15/Rév. 10.
- Conseil Oléicole International (COI). 2019. Norme Commerciale Applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. COI/T.15/NC n° 3/Rév. 14.
- Codex Alimentarius Commission WHO/FAO. 1970. Recommended international standard for olive oil, virgin and refined and for refined olive-residue oil. CAC/RS-33.
- Codex Alimentarius. 1981. Codex standard for olive oils and olive pomace oils. Roma: FAO/WHO.
- CODEX STAN 33-1981. 2015. Norme pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive adoptée en 1981. Révision : 1989, 2003, 2015. Amendement : 2009, 2013.
- CNUCED (Conférence des Nations Unies sur le Commerce Et le Développement). 2005. Accord international de 2005 sur l'huile d'olive et les olives de table. Nations Unies TD/OLIVE.OIL.10/6.

D

- Di Giovacchino, L., Solinas, M., Miccoli, M. 1994. Effect of extraction systems on the quality of virgin olive oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 71, 1189-1194.

E

- Elbir, M., Amhoud, A., Houlali, I., Moubarik, A., Hasib, H., Jouad, A., Mbarki, M. 2014. Caractérisation et classification des huiles d'olives monovariétales de deux régions au Maroc (Meknès-Tafilalet et Marrakech-Tensift-Al Haouz) [Characterization and classification of monocultivar olive oils from two areas in Morocco (Meknes-Tafilalet and Marrakech-Tansift-Al Haouz)]. 5, 565-570.

-Evrard, J., Pagès-Xatart-Pares, X., Argenson, C., Morin, O. 2007. Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 42, 13-23.

F

-FAO. 2020. Food and Agricultural Organization. <http://www.fao.org/faostat/fr/data>.

-Flórez, N., Conde, E., Domínguez. H. 2015. Microwave assisted water extraction of plant compounds. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 90, 590-607.

-Frewer, L.J., Bergmann, K., Brennan, M., Lion, R., Meertens, R., Rowe, G., Siegrist, M., Vereijken, C. 2011. Consumer response to novel agri-food technologies: Implications for predicting consumer acceptance of emerging food technologies. Trends Food Sci. Technol. 22, 442–456.

G

-Gao, M., Song, B., Lin, C. 2006. Dynamic microwave assisted extraction of flavonoids from *Saussurea medusa* Maxim Cultured cells. Biochemical Engineering Journal. 32, 79-83.

-Giuffrè, A.M., Louadj, L., Poiana, M., Macario, A. 2012. Composition en stérols des huiles extraites d'olives de cultivars de la province de Reggio Calabria. 89, 177-183.

-Gila, A., Sánchez-Ortiz, A., Jiménez, A., Beltrán, G. 2021. The ultrasound application does not affect to the thermal properties and chemical composition of virgin olive oils. 70, 105-320.

-Graille J. 2003. L'huile d'olive : sa place dans l'alimentation humaine in lipides et corps gras alimentaire, Ed. Col Science et Technologie. Agro-alimentaire. Lavoisier. 80- 105.

-Guderjan, M., Töpfl, S., Angersbach, A., Knorr, D. 2005. Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils. Journal of Food Engineering. 67, 281–287.

H

-Hadjou, L., Lamani, O., Cheriet, F. 2013. Labellisation des huiles d'olive algériennes: contraintes et opportunités du processus. Institut Technique de l'Arboriculture et de la Vigne (ITAFV). Alger. 35-46.

-Hemwimol, S., Pavasant, P., Shotipruk, A. 2006. Ultrasound-assisted extraction of anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Ultrason. Sonochem.* 13, 543–548.

I

-Iqdiam, B.M., Mostafa, H., Goodrich-Schneider, R., Baker, G.L., Welt, B., Marshall, M.R. 2018. High Power Ultrasound: Impact on Olive Paste Temperature, Malaxation Time, Extraction Efficiency, and Characteristics of Extra Virgin Olive Oil. *Food Bioprocess Technol.* 11, 634–644.

-Israelow, M., Goldman, D. 2009. Desert Olive Oil Cultivation: Oil extraction and processing biotechnologies. Academic Press is an imprint of Elsevier. 222-228.

J

-Jacques, B. 2007. Sociologie de l'accouchement. Lectures, Les livres.

-Jacotot, B. 1996. Huile d'olive et prévention. Service de Médecine Interne V, Nutrition et Métabolisme des Lipides, Hôpital Henri-Mondor, Créteil. 10, 7 -9.

-Jaen. 2005. International conference on the healthy effect of virgin olive oil. *European journal of clinical investigation.* 35, 421- 424.

-Jermann, C., Koutchma, T., Margas, E., Leadley, C., Ros-Polski, V.2015. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science Emerging Technologies.* 31, 14–27.

-Jiménez, A., Beltrán, G., Uceda, M. 2007. High-power ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics. *Ultrason. Sonochem.* 14, 725–731.

-José, J.F.B.S., Vanetti, M.C.D. 2012. Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. *Food Control.* 24, 95–99.

-Juliano, P., Balczyk, F., Swiergon, P., Supriyatna, M.I.M., Guillaume, C., Ravetti, L., Canamasas, P., Cravotto, G., Xu, X-Q.2017. Extraction of olive oil assisted by high-frequency ultrasound standing waves, *Ultrasonics Sonochemistry.* 30p.

K

-Kandyliis, P., Vekiari, A.S., Kanellaki, M., Kamoun, N.G., Msallem, M., 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. *LWT - Food Science and Technology*. 44, 1333-1341.

-Kiritsakis, A., Markakis, P. 1988. Olive oil: a review. *Advances in food Research*, 31, 453-482.

L

-Latha, C. 2007. Microwave assisted extraction of embelin from *Embelia ribes*. *Biotechnology Letters*. 29, 319- 322.

-Leone, A., Tamborrino, A., Romaniello, R., Zagaria, R., Sabella, E. 2014. Specification and implementation of a continuous microwave assisted system for paste malaxation in an olive oil extraction plant. *Biosyst. Eng.* 125, 24–35.

-Leone, A., Tamborrino, A., Zagaria, R., Sabella, E., Romaniello, R. 2015. Plant innovation in the olive oil extraction process: A comparison of efficiency and energy consumption between microwave treatment and traditional malaxation of olive pastes. 146, 44–52.

- Leone, A., Romaniello, R., Tamborrino, A., Xu, X.-Q., Juliano, P. 2017. Microwave and megasonics combined technology for a continuous olive oil process with enhanced extractability. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 42, 56–63.

-Leone, A., Romaniello, R., Tamborrino, A., Urbani, S., Servili, M., Amarillo, M., Grompone, M.A., Gambaro, A., Juliano, P. 2018. Application of Microwaves and Megasound to Olive Paste in an Industrial Olive Oil Extraction Plant: Impact on Virgin Olive Oil Quality and Composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 120, 170-261.

-Letellier, M., Budzinski, H. 1999. Microwave assisted extraction of organic compounds. *Analisis*. 27, 259-270.

-Li, Q., Yu, N., Wang, Y., Sun, Y., Lu, K., Guan, W. 2013. Extraction optimization of *Bruguiera gymnorhiza* polysaccharides with radical scavenging activities. *Carbohydr. Polym.* 96, 148–155.

-Li, H., Chen, B., Zhang, Z., Yao, S. 2004. Focused microwave assisted solvent extraction and HPLC determination of effective constituents in *Eucommia ulmodies* Oliv. *Talanta*. 63, 659-665.

M

-Mahhou, A., Jermmouni, A., Hadiddou, A., Oukabli, A., & Mamouni, A. 2014. Période de récolte et caractéristiques de l'huile d'olive de quatre variétés en irrigué dans la région de Meknès. 2, 5- 15.

-Mandal, V., Mohan, Y., & Hemalatha, S. 2007. Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. 1, 7- 18.

-Mezghache, M., Henchiri, C., Martine, L., Berdeaux, O., Aouf, N., 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. *O.C.L.* 17, 337p.

-Michelle, H. 2003. L'amélioration de l'industrie oléicole marocaine, de la récolte à l'élimination des résidus. *Science des Aliments*. 45, 45-78.

-Michel, T. 2011. Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaerhamnoides*) (Doctoral dissertation, Université d'Orléans). 286p.

-Muzzalupo, I. 2012. Olive Germplasm: The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy. *Botanical Description. Books on Demand*. 24-32.

N

-Najafian, L., Ghodsvali, A., Khodaparast, M. H. L., Diosady, L.L. 2009. Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes." *Food Research International*. 42, 171-175.

O

-Ollivier, d ; Boubault , E ; Pinatel, C ; Souillol, S ; Guérère, M ; Artaud, J. 2004. Analyse de la fraction phénoliques des huiles d'olive vierges. 965, 169-196.

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

P

-Pérez, M., López-Yerena, A., Lozano-Castellón, J., Olmo-Cunillera, A., Rosa, M., Lamuela-Raventós, Martín-Belloso, O., Vallverdú-Queralt, A. 2021. Impact of Novel Technologies on Virgin Olive Oil Processing, Consumer Acceptance, and the Valorization of Olive Mill Wastes. 10, 18p.

-Puértolas, E., Martínez de Marañón, I. 2015. Olive oil pilot-production assisted by pulsed electric field: Impact on extraction yield, chemical parameters and sensory properties. *Food Chem.* 167, 497–502.

R

-Rigane, G., Yahyaouia, A., Acarc, A., Mnifd, S., BenSalema, R. 2020. Change In some quality Parameters and oxidative stability of olive oils with regard to ultrasound pretreatment, depitching and water addition. 26, e00442

-Roselli, L., Cicia, G., Del Giudice, T., Cavallo, C., Vecchio, R., Carfora, V., Caso, D., Sardaro, R., Carlucci, D., De Gennaro, B. 2020. Testing consumers' acceptance for an extra-virgin olive oil with a naturally increased content in polyphenols: The case of ultrasound extraction. *J. Funct. Foods*. 69, 103-940.

-Romaniello, R., Tamborrino, A., Leone, A. 2019. Use of ultrasound and pulsed electric fields technologies applied to the olive oil extraction process. *Chem. Eng. Trans.* 75, 13–18.

S

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

-Sébastien, V. 2010. Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : Entre Tradition et Innovation. Thèse de doctorat (Sciences des procédés – Sciences des Aliments). Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, ACADEMIE D'AIX-MARSEILLE. 160p.

- Servili, M., Selvaggini, R., Esposito, S., Taticchi, A., Montedoro, G., Morozzi, G. 2004. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols .agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *Journal of Chromatography A*, 1054, 113-127.
- Servilia, M., Veneziana, G., Taticchia, A., Romaniello, R., Tamborrino, A., Leone, A. 2019. Low-frequency, high-power ultrasound treatment at different pressures for olive paste: Effects on olive oil yield and quality. *Food Chemistry*, 59, 104-117.
- Shahidi, F., Ying Zhong, Y. 2005. Antioxidants: Regulatory Status. *Bailey's industrial oil and fat products*. 1, 491-512.
- Shu, Y.Y., Ko, M.Y., Chang, Y.S. 2003. Microwave assisted extraction of ginsenosides from ginseng root. *Microchemical Journal*. 74, 131-139.
- Soliva-Fortuny, R., Balasa, A., Knorr, D., Martín-Belloso, O. 2009. Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 20, 544–556.
- Stéphanie, H. 2003. L'huile d'olive, son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et en cosmétique. Thèse de doctorat. Université HENRI POINCARÉ - NANCY 1. 128p.
- .Sumnu, G., Sahin, S. 2012. Microwave Heating. In *Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues*; Sun, D.-W., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 555–582.

T

- Talebi, M., Ghassempour, A., Talebpour, Z., Rassouli, A., Dolatyari, L. 2004. Optimization of the extraction of paclitaxel from *Taxus baccata* L. by the use of microwave energy. *Journal of Separation Science*. 27, 1130-1136.
- Tamborrino, A., Urbani, S., Servili, M., Romaniello, R., Perone, C., Leone, A. 2019. Pulsed Electric Fields for the Treatment of Olive Pastes in the Oil Extraction Process. *Applied Sciences*. 11, 10p.
- Tamborrino, A., Romaniello, R., Caponio, F., Squeo, G., Leone, A. 2019. Combined industrial olive oil extraction plant using ultrasounds, microwave, and heat exchange: Impact on olive oil quality and yield, *Journal of Food Engineering*. 245, 124-130.

-Tang, J. 2015. Unlocking Potentials of Microwaves for Food Safety and Quality. *J. Food Sci.* 80, 1776–1793

-Taticchi, A., Esposto, S., Veneziani, G., Urbani, S., R. Selvaggini, R., Servili, M. 2013. The influence of the malaxation temperature on the activity of polyphenoloxidase and on the phenolic composition of virgin olive oil. 136, 975-983.

-Taticchi, A., Selvaggini, R., Esposto, S., Sordini, B., Veneziani, G., Servili, M. 2019. Physicochemical characterization of virgin olive oil obtained using an ultrasound-assisted extraction at an industrial scale: Influence of olive maturity index and malaxation time. 289, 7–15

-Toepfl, S., Heinz, V., Knorr, D. 2006. Application of pulsed electric field technology for the food industry. In *Pulsed electric field technology for the food industry: Fundamentals and applications.* 197–221.

V

-Veneziani, V., Esposto, S., Taticchi, A., Selvaggini, R., Urbani, S., Di Maio, I., Sordini, B., Servili, M. 2017. Traitement de refroidissement de la pâte d'olive pendant le traitement de l'huile : impacte sur le rendement et la qualité de l'huile d'olive extra vierge. 221, 107-113.

-Veneziani, G., Esposto, S., Taticchi, A., Selvaggini, R., Sordini, B., Loreface, A., Daidone, L., Pagano, M., Tomasone, R., Servili, M. 2019. Extra-Virgin Olive Oil Extracted Using Pulsed Electric Field Technology: Cultivar Impact on Oil Yield and Quality. *Frontiers in Nutrition.* 6, 134p.

-Velasco, J., Dobarganes, C. 2002. Oxidative stability of virgin olive oil. Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, Spain. 104, 661–676.

-Vinatoru, M., 2001. An overview of ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry.* 8, 303-313.

-Yorulmaz, A., Erinc, H., Tekin, A. 2013. Changes in Olive and Olive Oil Characteristics During Maturation. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 90, 647–658.

W

-Wang, L., Weller, C.L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology.* 17, 300-312.

-Wang, S., Chan, F., Wu, J., Wang, Z., Liao, X., Ha, X. 2007. Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology. *Journal of food engineering*. 78, 693-700.

Y

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

-Yahyaoui, A., Rigane, G., Mnif, S., Ben Salem, R., SenurAcar, A., Arslan, D. 2019. Ultrasound Technology Parameters: Effects on Phenolics in Olive Paste and Oil in Relation to Enzymatic Activity. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 121, 180-295.

Z

-Zarrouk, M. 2010. *L'olivier et huile d'olives*. ED. Maison de France. Tunisie. 9-10.

-Zhou, Y., Zheng, J., Gan, R.Y., Zhou, T., Xu, D.P., Li, H.B. 2017. Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidants from the mungbean coat. *Molecules*. 22, 638p.

-Zou, Y., Chen, X., Yang, W., Liu, S. 2011. Response surface methodology for optimization of the ultrasonic extraction of polysaccharides from *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* L.T. Shen. *Carbohydr. Polym.* 84, 503–508.

Réalisé par : **Hamouda Meriem**
Chelaghema Lina

Dirigé par : **Dr. DAIRI S.**

Impact des procédés innovants d'extraction sur la qualité d'huile d'olive vierge

Résumé:

L'olivier et l'huile d'olive font partie intégrante de l'histoire du bassin méditerranéen. L'évaluation de la qualité de l'huile d'olive est liée à une série importante de paramètres physicochimiques comprenant l'acidité, l'indice de peroxyde et l'évaluation sensorielle.

De nombreux facteurs affectent la qualité de l'huile d'olive: variétal (génétique), environnemental (sol, climat), culturale (maturité et récolte du fruit d'olive) et technologique (entreposage après la récolte, système d'extraction).

La première partie de ce travail porte sur des généralités sur l'olivier et l'huile d'olive, sa composition et ses bienfaits, puis la seconde l'impact des procédés innovants d'extraction sur la qualité et la quantité d'huile d'olive vierge. La synthèse bibliographique montre l'impact positif des technologies émergentes telles que les microondes, les ultrasons et les champs électrique pulsés sur la qualité de l'huile obtenue.

Mot clé : huile d'olive, extraction innovante, ultrasons, champs électriques pulsés.

Abstract:

The olive tree and olive oil are an integral part of the history of the Mediterranean basin. The evaluation of the quality of olive oil is related to an important series of physicochemical parameters including acidity, peroxide value and sensory evaluation.

Many factors affect the quality of olive oil: varietal (genetic), environmental (soil, climate), cultural (maturity and harvest of the olive fruit) and technological (storage after harvesting, extraction system).

The first part of this work covers generalities about the olive tree and olive oil, its composition and its benefits, then the second then one the impact of innovative extraction processes on the quality and quantity of virgin olive oil. The literature review shows the positive impact of emerging technologies such as microwave, ultrasound and pulsed electric fields on the quality of the oil obtained.

Key word: olive oil, innovative extraction, ultrasound, pulsed electric fields.

ملخص :

تعتبر شجرة الزيتون و زيت الزيتون جزء لا يتجزأ من تاريخ حوض البحر الأبيض المتوسط
تقييم جودة زيت الزيتون مرتبط بسلسلة هامة من المعاملات الفيزيائية والكيميائية بما في ذلك الحموضة، مؤشر البيروكسيد والتقييم الحسي
تؤثر العديد من العوامل على تصنيف زيت الزيتون النوع (وراثي)، بيئي (تربة، مناخ) ، فلاحى (نضج وحصاد ثمار الزيتون)
والتكنولوجي(تخزين ما بعد الحصاد، نظام الاستخراج)

يغطي الجزء الأول من هذا العمل عموميات حول شجرة الزيتون وزيت الزيتون وتكوينهما وفوائدهما ثم يوضح الجزء الثاني تأثير طرق
الاستخلاص الحديثة على كمية ونوعية زيت الزيتون البكر يُظهر الملخص الببليوغرافي التأثير الإيجابي للتقنيات الناشئة مثل الموجات الدقيقة
والموجات فوق الصوتية والمجالات الكهربائية النبضية على جودة الزيت الذي تم الحصول عليه.

الكلمات الرئيسية: زيت الزيتون، الاستخلاص المبتكر ، الموجات فوق الصوتية .