

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



Réf :.....

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

MASTER

Thème

Impact de la trituration des olives sur la composition de l'huile extraite, cas d'une huilerie moderne à trois phases

Présenté par :

HARKOUK née AKLI Fadila

Soutenu le : **01 Juillet 2019**

Devant le jury composé de :

M^{me} GUENDOUZE Naima

MCA

Président

M^{elle} TAZRART karima

MCB

Encadreur

M^{me} TAMENDJARI Soraya

MCA

Examineur

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir accordé le courage et la force pour réaliser ce travail.

Je remercie mon encadreur Mme TAZRART Karima pour sa disponibilité, son encadrement ainsi que ses conseils et ses orientations.

Je tiens à exprimer ma gratitude à mon co-encadreur Mr TOUATI Lounis

Je désire témoigner ma reconnaissance au personnel du laboratoire 3BS.

Ma gratitude va également aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail : Mme GUENDOUZE et TAMENDJARI, ainsi qu'aux enseignants de la faculté qui ont contribué énormément à ma formation.

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

*A la mémoire de mon frère Karim et de mes très chers
parents, à mes frères et sœurs, à mon mari Aziz, à
Yasmine, Meriem, Warda, Sissi et à Zakari.*

Fadila

Table des matières

Liste des tableaux
Liste des figures
Liste des abréviations

Introduction générale 1

Synthèse bibliographique **Chapitre I: olivier et oléiculture**

I. L'olivier	3
I.1. Définition et classification botanique de l'olivier	3
I.2. Origine et diffusion de l'olivier	4
I.3. Structure de l'olive	5
II. L'oléiculture.....	5
II.1. L'oléiculture dans le monde.....	5
II.2. L'oléiculture en Algérie	6
II.3. L'oléiculture dans la wilaya de Bejaia.....	7
II.4. Contraintes rencontrées au niveau de la wilaya de Bejaia	8
II.5. Perspectives de développement au niveau de la wilaya de Bejaia.....	8

Chapitre II: Huile d'olive

I. Définition de l'huile d'olive.....	9
II. Composition chimique de l'huile d'olive	9
II.1. Composition de la fraction saponifiable	10
II.1.1. Les triglycérides	10
II.1.2. Les acides gras	10
II.2. Composition de la fraction insaponifiable	10
III. Facteurs influençant la qualité de l'huile d'olive	12
III.1. La variété ou le cultivar	12
III.2. Le climat	12
III.3. Le sol	13
III.4. L'altitude	13
III.5. Irrigation et salinité de l'eau	13
III.6. Stade de maturité	13
IV. Système de récoltes des olives	14
V. Transport et stockage des olives.....	15
VI. Extraction de l'huile d'olive.....	15
VI.1. Opérations préliminaires	15

VI.1.1. L'effeuillage.....	15
VI.1.2. Le lavage.....	15
VI.1.3. Le broyage	16
VI.1.4. Le malaxage.....	16
VI.2. Types de système d'extraction de l'huile d'olive.....	16
VI.2.1. Système discontinu d'extraction par presse.....	16
VI.2.2. Système d'extraction continu avec centrifugation à trois phases	17
VI.2.3. Système d'extraction continu avec centrifugation à deux phases.....	18
VII. Effets thérapeutiques de l'huile d'olive	19

Matériels et méthodes

I. Matériel végétal	21
II. Méthodes	22
II.1. Paramètres physiques.....	22
II.1.1. L'humidité.....	22
II.1.2. La densité	22
II.2. Paramètres chimiques :	23
II.2.1. L'acidité	23
II.2.2. L'indice de peroxyde.....	24
II.2.3. Extinction spécifique dans l'ultraviolet.....	25
II.2.4. Dosage des pigments	26
II.2.5. Extraction et dosage des polyphénols	26
II.2.6. Dosage des flavonoïdes	27
III. Etude de l'activité antioxydante	28
III.1. Activité anti radicalaire sur le radical DPPH.....	28
III.2. Le pouvoir réducteur	28
IV. Analyse statistique	29

Résultats et discussion

I. Paramètres physiques.....	30
I.1. La densité	30
I.2. L'humidité.....	30
II. Paramètres chimiques	31
II.1. L'acidité libre.....	31
II.2. Indice de peroxyde	32
II.3. Absorbance dans l'Ultra-violet	33
II.4. Teneurs en pigments	34
II.4.1. Teneurs en chlorophylles	34

II.4.2. Teneurs en caroténoïdes	35
II.5. Teneurs en composés phénoliques	37
II.6. Teneurs en flavonoïdes	38
III. Activité antioxydante des huiles	38
III.1. Le pouvoir réducteur	38
III.2. Activité scavenger sur radical DPPH·	39
Conclusion et perspectives	41
References bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

Figure 1: L'olivier (<i>Olea europaea</i> L.)	3
Figure 2: Coupe transversale et longitudinale de l'olive.....	5
Figure 3: Photographie du peigne électrique.....	14
Figure 4 : Système discontinu d'extraction de l'huile par presse.	17
Figure 5: Système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases.	18
Figure 6: Système d'extraction continu à deux phases.	19
Figure 7 : Photographie de l'oléodoseur de l'ITAFV de Takerietz	21
Figure 8: Densité des échantillons d'huiles d'olive	30
Figure 9: Taux d'humidité échantillons d'huiles d'olive	31
Figure 10: Acidité libre des échantillons d'huiles d'olive	32
Figure 11: Indice de peroxyde des huiles étudiées.....	33
Figure 12: Extinction spécifique à 232 nm	34
Figure 13: Extinction spécifique à 270 nm	34
Figure 14: Teneurs en chlorophylles des huiles étudiées	35
Figure 15: Teneurs en caroténoïdes des huiles étudiées.....	36
Figure 16: Teneurs en phénols totaux des huiles étudiées	37
Figure 17: Teneurs en flavonoïdes des huiles étudiées	38
Figure 18: Représentation graphique du pouvoir réducteur des huiles étudiées.....	39
Figure 19: Représentation graphique de l'activité scavenger du radical DPPH'	39

Liste des tableaux

Tableau I: Classification botanique de l'olivier (Boucheffa, 2018).....	4
Tableau II: Distribution d'oliviers et surfaces oléicoles à travers le monde (Lazzeri, 2009).	4
Tableau III: Répartition de la superficie oléicole par subdivision (DSA de Bejaia, 2019).....	7
Tableau IV: Production d'huile d'olive au niveau de la wilaya de Bejaia (DSA de Bejaia, 2019).....	7
Tableau V : Les catégories d'huiles d'olive (COI, 2009).	9
Tableau VI: Composition des triglycérides de l'huile d'olive (Ben mohamed, 2015).	70

Liste des abréviations

°C: degrés celsius

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AFNOR : Association française de normalisation

ANOVA : Analyse de la variance

CEE : Communauté Economique Européenne

COI : Conseil Oléicole International

DA: Dinar Algérien

DPPH : radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

DSA : Direction des Services Agricoles

EAG : Equivalent de l'Acide Gallique

hl : hectolitre

ITAFV: Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne

ISO : International Organization for Standardization

Kg : Kilogramme

L: Litre

LDL : Low density Lipoprotein

ONUDI : Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

OOL : dioléinelinoléine

OOO : trioléine

POL : palmito-oléo-linoléine

POO : palmito-dioléine

qx : quintaux

rpm : rotations par minute

SOO : stéaro-dioléine

UV: Ultra-violet

Introduction

Introduction

L'olivier (*Olea europae L.*) constitue l'un des arbres les plus importants et les plus cultivés dans le bassin méditerranéen en général et en Algérie en particulier. L'huile d'olive qui en est extraite occupe une place primordiale dans le régime alimentaire comme source de lipides dans tous les pays de la méditerranée. Il s'agit d'un pur jus de fruit sans qu'il soit soumis à aucun traitement chimique ou physique.

L'Algérie se positionne au 7^{ème} rang mondial après L'Espagne, suivie de la Grèce, de l'Italie, de la Turquie, du Maroc, de la Tunisie et du Portugal ; qui sont par ordre d'importance les plus gros producteurs d'huile d'olive à travers le monde (COI, 2017).

Sur le plan nutritionnel, l'huile d'olive est considérée comme une source intéressante de lipides et confère à l'organisme humain un certain nombre de bienfaits :

- Elle constitue une des formes d'énergie car sa valeur biologique est de 9 kcal /g lipidique ;
- Elle représente une source d'acides gras essentiels ;
- Elle constitue un support idéal et indispensable pour un groupe de vitamines liposolubles ;
- Elle représente l'une des sources aromatiques des aliments (**Ben Mohamed et al ., 2015**).

Les polyphénols naturels de l'huile d'olive sont des molécules très biodisponibles et hautement bioactives, ce qui leur confère une multitude de bienfaits sur la santé humaine. Ces composés font partie de la famille des antioxydants. Ils permettent de lutter contre les radicaux libres aux effets délétères : agression des cellules, modification de l'ADN et oxydation des lipides (**Benlemlih et Ghanam, 2016**).

La qualité de l'huile d'olive est influencée par plusieurs facteurs, tel que la zone, les techniques culturales, l'apport hydrique, la période de récolte, les techniques d'extractions et les conditions de stockage (**Gharabi, 2017**).

Dans ce présent travail, nous nous sommes intéressés au suivi de la qualité de l'huile tout au long de son cheminement dans la chaîne de trituration moderne et continue à trois phases.

Le but de cette étude est la détermination de la qualité des huiles d'olive issues à différentes étapes de la trituration des olives, dans une chaîne de transformation continue à trois phases par une caractérisation physicochimique.

Le présent travail s'articule en trois parties principales:

- ✓ Une première partie bibliographique concernant principalement l'oléiculture à l'échelle mondiale, nationale et au niveau de la wilaya de Bejaia. Cette partie est structurée en deux chapitres l'un porte sur l'olivier et l'autre sur l'huile d'olive ;
- ✓ Une deuxième partie décrivant le matériel et les méthodes d'analyses qualitatives et quantitatives des huiles produites ;
- ✓ Une troisième partie illustrant les résultats obtenus et leur interprétation.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Olivier et Oléiculture

I. L'olivier

I.1. Définition et classification botanique de l'olivier

L'olivier cultivé (*Olea europaea* L.) est un arbre typiquement méditerranéen dont la hauteur varie de 5 à 15 m (**Figure 1**). Il possède un tronc tortueux et un écorce grisâtre, crevassé, ses feuilles sont de couleur blanc argenté à la face inférieure, vert grisâtre à la face supérieure. Les fleurs, petites et blanches, à quatre pétales sont réunies en grappes dressées.

Les fruits, olives, sont des drupes ovoïdes, vertes puis noires à maturité, à noyau dure et fusiforme (**Gherdira, 2008**). La production d'olives commence 5 à 6 ans après la plantation de l'olivier (**Fabri et al., 2009 d'après Boucheffa, 2018**).



Figure 1: L'olivier (*Olea europaea* L.)

Le tableau suivant représente la classification botanique de l'olivier :

Tableau I: Classification botanique de l'olivier (Boucheffa, 2018).

Règne	Végétal
Sous -règne	Trachéobionta
Embranchement	Spermaphytes (phanérogamme)
Sous -embranchement	Angiosperme
Classe	Eudicot
Sous -classe	Astéridées (ou gamopétal)
Famille	Oleaceae
Genre	Olea
Espèce	<i>Olea europaea</i>
Sous-espèce :	➤ <i>Olea europaea L.var sativa</i> (olivier cultivé).

I.2. Origine et diffusion de l'olivier

L'origine de l'olivier remonte à environ 6000 ans (COI, 1998). Selon les archéologues la domestication de l'olivier aurait eu lieu entre environ 3800 et 3200 ans avant J.C (Amouretti et comet, 2000).

L'olea europaea L est l'unique espèce de la famille des Oleaceae ayant un fruit comestible (Barrancox et al ., 2001). Il occupe la 24^{ième} place parmi les 35 espèces les plus cultivées dans le monde (Breton et al., 2006).

L'olivier cultivé appartient au climat tempéré et chaud qui caractérise le bassin de la méditerranée dans l'hémisphère nord ainsi que l'hémisphère sud. Sa zone de distribution se trouve entre la latitude 30° et 40° (Ghalmi, 2014).

L'olivier est réputé pour sa rusticité, qui lui permet de se développer sur des sols pauvres. Cependant, il préfère les sols argileux sableux (Tamandjari, 2006). Les excès d'humidité dans le sol ne favorisent pas la culture de l'olivier et l'humidité élevée de l'environnement facilite le développement des maladies, tel que la mouche de l'olivier (COI, 1998).

I.3. Structure de l'olive

L'olive est composée de trois parties (**Figure 2**): la cuticule (épicarpe), la pulpe (Mésocarpe) et le noyau (endocarpe). La pulpe contient la majeure partie de l'huile d'olive (**Ajana et al., 1999**).

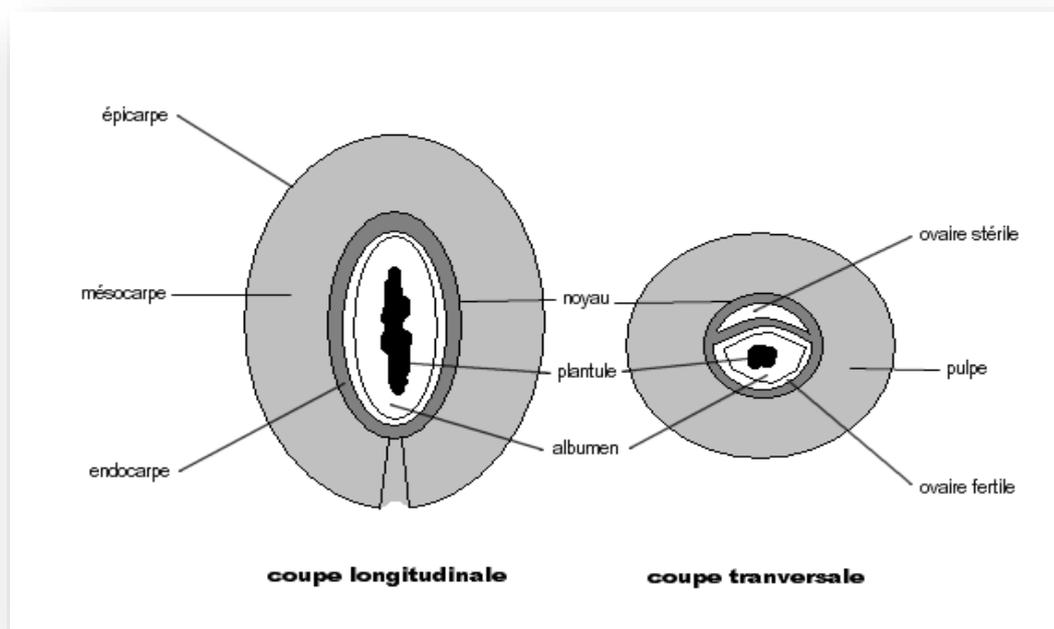


Figure 2: Coupe transversale et longitudinale de l'olive (**Gherdira, 2008**)

II. L'oléiculture

II.1. L'oléiculture dans le monde

L'olivier se cultive dans toutes les régions du globe qui se situent entre les latitudes 30° et 40° des deux hémisphères, mais le bassin méditerranéen (**Tableau II**) est resté sa terre de prédilection, avec près de 95% des oliveraies mondiales (**Lazzeri, 2009**).

Tableau II: Distribution d'oliviers et surfaces oléicoles à travers le monde (**Lazzeri, 2009**).

Régions	% d'oliviers	% des surfaces
Europe méditerranéenne	71%	60%
Proche orient	13%	11%
Afrique du nord	13%	23%
Amérique latine	3%	2%
Les Etats-unis d'Amérique	3%	2%

Des 800 millions d'oliviers dans le monde 26,6 % sont cultivés en Espagne, 24,2 % en Italie, 12,3% en Grèce, 9,3 % en Turquie, 6,8 % en Tunisie et seulement 2 % en Algérie (ITAFV 2016).

Selon le (COI, 2017), La campagne 2016/2017 a donné une production mondiale de 2.538.000 tonnes ; soit une diminution de 20% (631 500 tonnes) par rapport à la campagne antérieure (3.167.500 tonnes). L'Algérie fait partie des pays producteurs d'huile d'olive ; elle se positionne au 7^{ème} rang avec 63000 tonnes, dont la majeure partie est destinée à l'autoconsommation après l'Espagne, avec une production de 1.283600 tonnes, suivie de la Grèce avec 195000 tonnes, l'Italie avec 182300 tonnes, la Turquie avec 177000 tonnes, le Maroc avec 110.000 tonnes, la Tunisie avec 100.000 tonnes et le Portugal avec 694000 tonnes, qui sont par ordre d'importance les plus gros producteurs d'huile d'olive à travers le monde.

II.2. L'oléiculture en Algérie

En Algérie la répartition géographique de ce patrimoine fait ressortir trois zones oléicoles bien distinctes : le centre, avec 54.3% de la superficie totale, l'est avec 28.3% et l'ouest avec 17%. La majorité des surfaces oléicoles (80%) se localisent dans les régions montagneuses et les collines recouvrant une surface de 195 000 hectares, sur des terrains accidentés et marginaux, peu fertiles et caractérisés par une pluviométrie moyenne comprise entre 400 et 900 mm/an (Boucheffa, 2018).

Selon **Madr (2011)**, l'oléiculture en Algérie occupe environ 329 386 hectares, soit environ 35% de la superficie totale plantée. La surface oléicole est répartie en quatre régions dont 40% de cette superficie se trouve dans cinq wilaya du centre (Bejaia : 15,5%, Tizi Ouzou : 10%, Bouira : 7%, bordj Bou Arreridj : 6%, Djelfa : 2,5%).

Les wilayas potentiellement productrices d'olives pour l'année 2017 sont : Mascara avec une production de 800.0000 qx, Tlemcen avec une production de 730.000 qx et Bejaia avec une production de 600.551qx.

En Algérie, l'appareil de transformation pour la production d'huile d'olive regroupe 1704 huileries dont la majorité sont des huileries traditionnelles et se répartissent comme suit :

- Huileries traditionnelles au nombre de 919 (80% à l'arrêt).
- Huileries super –presse au nombre de 377.
- Huileries chaîne continue au nombre de 408.

II.3. L'oléiculture dans la wilaya de Bejaia

Le parc oléicole de la wilaya de Bejaia occupe plus de 57 616.54 hectares et est constitué essentiellement de l'oléiculture de montagne très ancienne destinée principalement à l'huile d'olive. Ces plantations sont soit des oléastres greffés sur place, soit des plantations réalisées par les agriculteurs ou par des services forestiers et autres programmes de soutien à l'agriculture (**DSA de Bejaia, 2019**). Le tableau III illustre la répartition oléicole par subdivision au niveau de wilaya de Bejaia.

Tableau III: Répartition de la superficie oléicole par subdivision (DSA de Bejaia, 2019).

Zone homogène	Superficie		Subdivision agricole
	Hectare	%	
Haute Soummam	35 298.69	61	Tazmat, Akbou, Seddouk, Ighil Ali
Basse Soummam	13 801.03	23.96	Amizour, Elkseur, Sidi aich, Temzrit, Chemini
Plain côtière et montagne	3741.63	6.49	Bejaia, Aokas, Souk el Tnine
Piément, kherrata et Monts babors.	2955.50	3.13	Kherrata
Haute montagne	1819.69	3.16	Adekar
Total	57 616.54	100	14

Les compagnes oléicoles à la wilaya de Bejaia durant les Cinq dernières années sont détaillées dans le tableau IV :

Tableau IV: Production d'huile d'olive au niveau de la wilaya de Bejaia (**DSA de Bejaia, 2019**).

Compagnes	Quantité en hl	Rendement (l/q)
2013/2014	123317.24	21.55
2014/2015	193310.00	22
2015/2016	212896.21	21.29
2016/2017	120523.59	21.00
2017/2018	181363.45	18.38
2018/2019	194712.91	21.88

Au niveau de la wilaya de Bejaia le prix de détail des olives de table est estimé à 180 DA/kilogramme. Le kilogramme d'olives destinées à l'huileries varie entre 80 et 100 DA. Tandis que le litre d'huile d'olive varie entre 700 et 800 DA.

La wilaya de Bejaia dispose de plusieurs dispositifs qui assurent la transformation des olives en huile finale. Le modèle traditionnel prédomine avec un pourcentage de 46%, le système semi-automatique 31.8%, tandis que le système continu à trois phases est à 21% (DSA de Bejaia, 2019).

II.4. Contraintes rencontrées au niveau de la wilaya de Bejaia

Selon la DSA (2019) la production de l'huile d'olive est limitée par plusieurs contraintes dont :

- Difficulté d'accès au verger et manque de matériel de récolte (caisse, filet de récolte).
- Activité familiale qui se pratique généralement le week-end et les jours fériés.
- Activité qui dépend de la météo (les jours de pluies empêchent la récolte).
- Mains d'œuvre non assurée durant la période de récolte.
- Manque de matériel de conservation d'huile (bouteilles en verre fumé, les cuves en acier inoxydable et les cuves souterraines).

II.5. Perspectives de développement au niveau de la wilaya de Bejaia(DSA20.19)

Le développement de l'oléiculture au niveau de la wilaya de Bejaia nécessite l'application d'un certain nombre de mesure telles que :

- Mise en place d'un programme d'appui et de vulgarisation.
- Amélioration de la conduite des verger-taille de régénération, traitement phytosanitaire, cuvette, greffage.
- Renouvellement des parcs d'huileries (huileries modernes).
- Création des unités de conditionnement.
- Mise en place d'un groupement d'intérêt commun ou de coopérative.
- Désenclavement des exploitations agricoles par l'ouverture de piste
- Implication de la profession (association-coopératives)
- Labellisation des huiles de variété locales.

Chapitre II : Huile d'olive

I. Définition de l'huile d'olive

Selon le **COI (2009)**, l'huile d'olive est une huile provenant uniquement des fruits de l'olivier à l'exclusion des huiles obtenue par solvant ou par procédé de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature. Elle fait objet des dénominations (Tableau V) ci-après (**CEE, 1992**).

- Huile d'olive vierge extra.
- Huile d'olive vierge.
- Huile d'olive vierge courante.
- Huile d'olive vierge lampante.
- Huile d'olive raffinée.
- Huile d'olive.
- Huile de grignons d'olive brute, huile de grignons d'olive raffinée, et huile de grignons d'olive.

Tableau I : Les catégories d'huiles d'olive (COI, 2009).

Catégories Critères	Huile d'olive Vierge extra	Huile d'olive vierge	Huile d'olive courante	Huile d'olive lampante
Caractéristique Organoleptique -médiane de défaut -médiane de fruité	Me=0 Me>0	0<Me<3.5 Me>0	3.5>Me>6.0	Me>6.0
Acidité libre (% m/m exprimé en acides oléique)	≤ 0.8	≤ 2	< 3.3	> 3.3
Indice de peroxyde en milliéquivalent d'oxygène par Kg d'huile	≤ 20	≤ 20	≤ 20	Non limité
Extinction spécifique (UV) -232 nm -270 nm	≤ 2.5 ≤ 0.22	≤ 2.6 ≤ 0.25	- ≤ 0.3	- -

II. Composition chimique de l'huile d'olive

Selon **Ben mohamed et al (2015)**, l'huile d'olive est un mélange complexe de deux grandes familles :

➤ Les substances saponifiables:

Constituées essentiellement de triacyl glycérol, elles représentent 98.5-99.5% de l'huile d'olive.

➤ Les substances insaponifiables:

Représentent un pourcentage très faible : 0.5-1.5% mais revêt une grande importance du point de vue biologique.

II.1. Composition de la fraction saponifiable

II.1.1. Les triglycérides

Ce sont des esters d'acide gras et de glycérol. Les acides oléiques et linoléiques se trouvent préférentiellement à la position 2. La détermination de la teneur en acide stéarique et palmitique en position 2 dans les triglycérides constitue une méthode standard pour la détermination de l'adultération dans l'huile d'olive (**Rayan et al., 1998**). Le tableau VI montre les triglycérides majoritaires dans l'huile d'olive.

Tableau II: Composition des triglycérides de l'huile d'olive (Ben mohamed, 2015).

Triglycérides	OOO	POO	OOL	POL	SOO
%	40-60.	10-20	10-20	5-7	3-7

O : acide oléique
L : acide linoléique

P : acide palmitique
S : acide stéarique

II.1.2. Les acides gras

Ce sont des acides gras issus principalement de l'hydrolyse des triglycérides. Comparée avec d'autres huiles végétales, l'huile d'olive est caractérisée par sa richesse en acides gras mono-insaturés, principalement l'acide oléique (55% à 83%) et 3,5 % à 21% d'acide linoléique ; acide gras essentiel appartenant à la famille des oméga-6 et présente de faibles teneurs en acides gras saturés (**Boucheffa, 2018**). Le rapport acide oléique /acide linoléique baisse avec la maturation des olives (**Benlemlih et al., 2016**).

II.2. Composition de la fraction insaponifiable

Appelés souvent les composés mineurs, ils possèdent une valeur thérapeutique très importante, certains sont responsables de la note organoleptique telles que la saveur et la flaveur de l'huile d'olive. Ils sont répartis en plusieurs classes dont :

- **Les composés phénoliques** : On les appelle aussi biophénols, l'huile d'olive vierge est quasiment la seule huile contenant des quantités notables de substances phénoliques naturelles responsable du goût particulier, à la fois amer et fruité. D'autre part, elles contribuent à l'auto oxydation et au phénomène dégénératif d'oxydation (**Ben Mohamed et al., 2015**).

L'effet antioxydant des composés phénoliques provient du fait que ces substances sont susceptibles de bloquer l'étape de propagation de la réaction de l'auto-oxydation des acides gras insaturés et d'inhiber le phénomène de rancissement oxydatif. D'une façon générale les composés phénoliques ne sont pas libres mais estérifiés dans les glucosides qui subissent lors de l'extraction des huiles des réactions d'hydrolyse et d'oxydation qui les rendent sous forme libre (**Benlemih et Ghanam, 2016**).

- **Les pigments colorés** : L'huile d'olive vierge contient essentiellement deux types de pigments colorés qui sont responsables de sa couleur caractéristique :
- **Les chlorophylles** : substances responsables de la couleur verte caractéristique de l'huile d'olive. Elle se trouve sous deux formes a et b. Elle joue un rôle d'antioxydant à l'obscurité et de pro-oxydant à la lumière (rôle de photosensibilisation) (**Rahmani, 1989**).
 - **Les caroténoïdes** : substances terpéniques très conjuguées. Ils sont impliqués également dans les mécanismes d'auto-oxydation et de photoxydation . (**Gharabi,2017**)
- **Les tocophérols** : Les tocophérols font partie des composés importants en raison de leurs contributions à la stabilité oxydative et aux qualités nutritionnelles de l'huile (provitamine). La teneur en tocophérols est liée étroitement à la variété et au stade de récolte puisque sa concentration atteint son maximum durant la première phase de la récolte (**Rayan et al., 1998**).
- **Les stérols** : Les stérols sont présents dans l'huile d'olive sous forme libre ou estérifié avec des acides gras. La composition de l'huile d'olive en substances stéroliques est spécifique. En effet, c'est la seule huile qui contient un taux élevé de B-sitostérol, substance qui s'oppose à l'absorption intestinale du cholestérol, compestérol, et stigmastérol.

- **Les arômes** : Il existe plus de 100 composés responsables de l'arôme délicat et unique de l'huile d'olive. Ces composés proviennent des fruits et sont formés durant le broyage et le mélange des olives (**salas et al., 2000**). La formation de certains composés volatiles notamment, les composés aliphatiques en C₆, se fait à partir de 13-hydropéroxyde, produit par l'oxydation des acides gras polyinsaturés (linoléique et linolénique) grâce à l'action des lipoxygénases (**salas et al., 2000 ; bacouri et al., 2008**).

Le profil des composés aromatiques d'une huile d'olive dépend de sa qualité, ainsi, une huile d'olive fraîche de bonne qualité a un profil en composés issus principalement des voies de biosynthèses normales. Par contre, une huile d'olive de moindre qualité aurait un profil plus complexe qui renferme aussi des composés volatiles responsables du goût défectueux. (**Ben mohamed 2015**)

- **Les hydrocarbures** : Le principal hydrocarbure de l'huile d'olive est le squalène. Ce composé est présent en quantité relativement élevée dans l'huile d'olive, pouvant atteindre 0.5%. Cette teneur est utilisée comme un paramètre de qualité et permet de détecter les adultérations de ce produit (**Boscou, 1996**).
- **Les cires** : Les cires sont des esters d'alcools gras avec des d'acides gras, leur teneur ne dépasse pas 35 mg/100g d'huile. Les cires présentent généralement dans l'huile d'olive sont des esters en C₃₆, C₃₈, C₄₀, C₄₂, C₄₄ et C₄₆ (**Ben Mohamed et al., 2015**).

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

III.1. La variété ou le cultivar

Selon **Mahhou et al. (2014)**, le cultivar joue un rôle important sur la qualité de l'huile d'olive. Il agit sur les caractéristiques du fruit (taille, rapport : pulpe/noyau, cycle de maturation), sur la lipogenèse et sur les constituants principaux et secondaires de l'huile d'olive (**Cimato, 1990**). Chaque variété semble conserver son propre rythme de biosynthèse des lipides (**El antari et al., 2003**). D'après **Civanto (1999)**, des variations importantes ont été relevées pour l'acide oléique, l'acide linoléique et le rapport acides gras saturés /insaturés.

III.2. Le climat

Le climat exerce une influence sur la maturation du fruit et donc sur la composition chimique (**ONUFI, 2007**).

Les composés les plus affectés sont les alcools aliphatiques et les composés phénoliques (Aparicio et al. 1994). Selon Remeo et al. (2003), les précipitations cumulatives pendant la période d'été affectent la composition en acides gras et en composés phénoliques alors que les températures basses pendant la maturation des olives influencent les teneurs en chlorophylles, en caroténoïdes, et en α -tocophérol.

III.3. Le sol

L'environnement physique d'implantation peut avoir une incidence sur la qualité de l'huile résultante. En général, les terres grasses produisent des huiles moins aromatiques que les terres maigres avec des arbres moins productifs (Cavusogla et Oktev, 1996).

III.4. L'altitude

L'altitude est liée indirectement au climat et au sol. Les huiles issues de variétés de vallée présentent des taux plus élevés en stérols, en polyphénols et en tocophérols, mais des taux faibles en chlorophylle et en acides gras insaturés par rapport à celle des variétés montagneuses (Aparicio et Luna, 1994).

III.5. Irrigation et salinité de l'eau

L'huile issue des plantations irriguées présentent un rapport acide oléique/linoléique très variable, avec des taux toujours plus bas pour l'acide linoléique (Cimanto, 1990). Par ailleurs, le contenu en certains tocophérols et stérols atteint un niveau maximal chez des oliviers irrigués avec des eaux ayant une salinité de 2000 ppm et diminue lorsque cette salinité est supérieure (Gharabi et al., 2017).

III.6. Stade de maturité

La qualité de l'huile d'olive vierge dépend pour environ 30 % de la maturité de l'olive (Montedoro, 1989). Les triglycérides qui s'accumulent dans les vacuoles à l'intérieur des cellules du mésocarpe des drupes, constituent l'intégralité de l'huile d'olive.

Au delà d'un certain stade de maturation du fruit l'augmentation du rendement en huile n'est qu'apparente, à cause des pertes en eau sans gain réel en glycérides (Chimi, 2006).

Selon Rahmani et Saad (1989), les fruits récoltés précocement ont un rendement plus bas en huile qui est d'un vert franc et très fruité avec un faible degré d'acidité. A ce stade,

l'huile est très susceptible à l'oxydation du fait de sa teneur élevée en chlorophylles, favorisant l'oxydation en présence de la lumière. Par contre, si la récolte est retardée, les fruits donneront un rendement supérieur en huile avec une acidité légèrement supérieure, de couleur jaune pale et généralement moins fruité.

Selon **Atouati (1991)**, la teneur en polyphénols est à son maximum au stade semi-noir (entièrement colorés). Si les fruits surmûrissent sur les arbres, ils épuisent leurs réserves nutritives et accentueront l'alternance durant l'année suivante (**Hamidou, 2007**).

IV. Système de récoltes des olives

La cueillette peut s'effectuer à la main ; c'est l'opération qui convient le mieux pour obtenir la meilleure qualité car les olives sont cueillies sélectivement selon leur degré de maturité. (**ONUUDI ,2007**)

La récolte peut faire appel à l'usage de la gaule, mais cela provoque la chute des brindilles qui doivent porter la fructification de l'année suivante. Par ailleurs, les olives qui tombent par terre subissent des lésions à travers lesquelles pénètrent les parasites du sol. Une fois la maturité atteinte, les fruits peuvent tomber par terre et l'oléiculteur se contente de les ramasser. Cette méthode permet d'obtenir un volume d'huile plus élevé, un taux d'acidité élevé et une odeur de l'huile modifiée. (**Labdaoui,2017**)

Une amélioration de la méthode de récolte consiste en l'installation de filets sous l'arbre, ce qui permet d'éviter le contact direct des olives avec les pathogènes et les résidus métalliques (fer, cuivre) du sol (**Chimi, 2006**). Des équipements sont utilisés récemment en récolte mécanique et parmi eux on peut citer les crochets vibrants, les peignes oscillantes et les vibreurs (**Hamidou et hamadi, 2007**).



Figure 1: Photographie du peigne électrique

V. Transport et stockage des olives

Le moyen le plus approprié pour le transport est les caisses en plastique, permettant la circulation de l'air et évitant le réchauffement causé par l'activité catabolique des fruits (ONUDI, 2007). Selon Labdaouid (2017), les caisses limitent la couche d'olive et réduisent le danger d'encrassement.

Le stockage s'impose lorsque la cadence de réception est supérieure à la capacité de trituration, mais également dans le cas inverse. Au cours de ce stockage les olives subissent des altérations qui sont due à l'activité enzymatique, mais également au développement microbien. Avec l'allongement de la période de stockage, on assiste à une augmentation de l'acidité, de l'indice de peroxyde et de la détérioration de la qualité organoleptique (Chimi, 2006). L'idéal est de réduire la durée de stockage de 2 à 5 jours et de limiter l'épaisseur de la couche entre 20 et 30 cm (ONUDI, 2007).

Une durée de stockage non respectée peut causer les altérations suivantes d'après Labdaouid (2017).

- Hydrolyse spontanée vue l'activité élevée de l'eau.
- Hydrolyse enzymatique et microbienne par la microflore.

VI. Extraction de l'huile d'olive

VI.1. Opérations préliminaires

Ce sont des opérations communes à tous types d'extractions d'huile d'olive.

VI.1.1. L'effeuillage

Cette opération est nécessaire pour éviter une coloration verdâtre de l'huile, se traduisant par un excès d'amertume et par une moindre aptitude à la conservation de l'huile (Chimi, 2006). Le poids toléré de feuilles ne doit pas dépasser 1% du poids du lot d'olives à triturer (ONUDI, 2007).

VI.1.2. Le lavage

Labdaouid (2017) rapporte que cette opération est fondamentale pour éviter les problèmes suivants :

- Interférence des terres avec la couleur et les autres propriétés organoleptique (odeur,

goût) de l'huile.

- Une durée de conservation de l'huile réduite étant donné que certaines traces métalliques dans la terre sont des catalyseurs de l'oxydation de l'huile.

VI.1.3. Le broyage

Selon la norme **COI (2009)**, la durée du broyage ne doit pas dépasser 20-30 mn. Si le broyage est prolongé, les polyphénols ainsi que l'huile produite s'oxydent en présence de l'air.. Le but de cette opération est la libération de l'huile qui se trouve dans les vacuoles de la pulpe.

VI.1.4. Le malaxage

L'opération de malaxage doit être réalisée pendant 60 mn au minimum à des températures ne dépassant pas 25 °C (**Chimi, 2006**).L'objectif de cette étape est le rassemblement des gouttelettes d'huile pour avoir une phase continue. Elle est réalisée grâce à des hélices qui tournent dans une grande cuve.

VI.2. Types de système d'extraction de l'huile d'olive

VI.2.1. Système discontinu d'extraction par presse

Les unités de trituration par presse sont classées selon la pression exercée : huilerie traditionnelle communément appelée « maasra » dont la pression est de l'ordre 100 à 200kg/cm² et les unités semi-modernes équipées en super –presses qui peuvent atteindre la pression de 400kg/cm² (**ITAFV, 2016**).

Ce système (**f i g u r e 4**) utilise des presses métalliques à vis ou des presses hydrauliques. La pate issue du broyage est empilée sur les scourtins à raisons de 5 à 10 Kg par scourtin. L'application de la pression sur la charge des scourtins doit être réalisée de manière progressive. La durée totale de l'opération de pressage, réalisée en une seule fois, varie entre 45 à 60 mn.

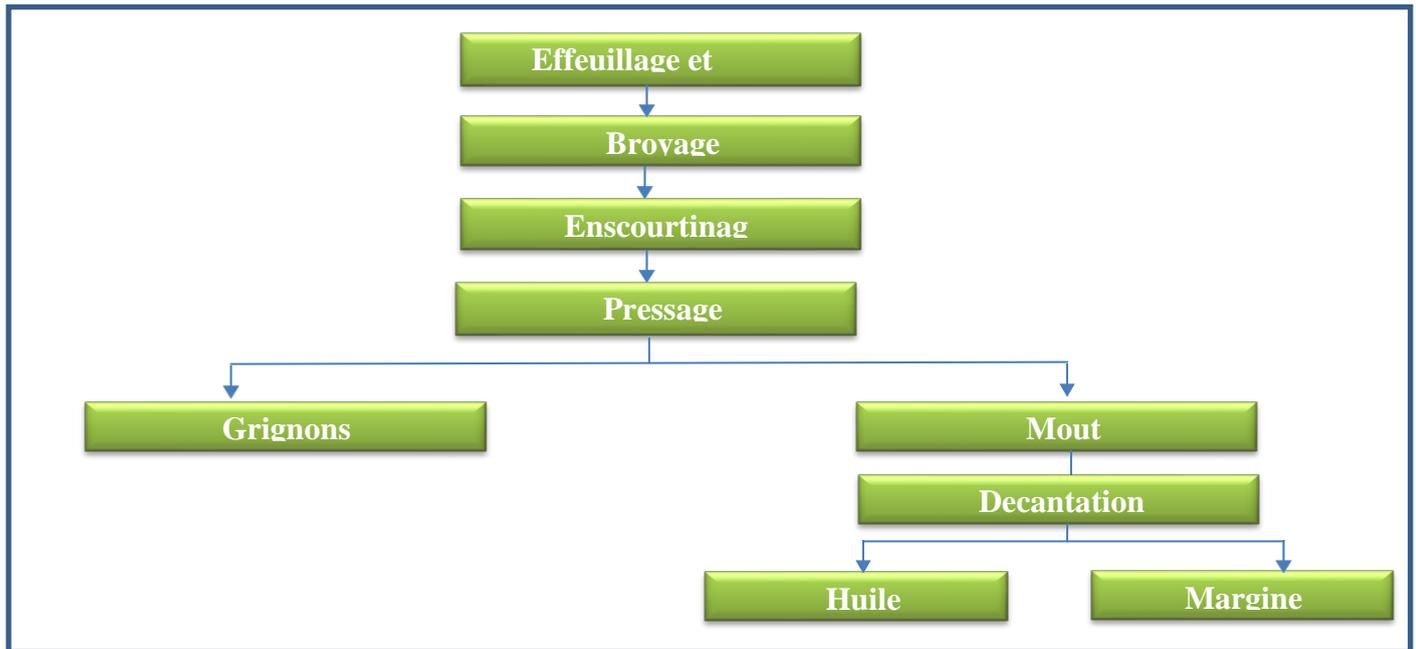


Figure 2 : Système discontinu d'extraction de l'huile par presse.

Les scourtins doivent être lavés, selon la norme internationale en vigueur et à raison d'une fois par semaine pour éviter d'augmenter l'acidité de l'huile ou lui conférer un défaut organoleptique (Hammadi, 2008). La Figure 4 montre le système discontinu :

➤ **Avantages**

- Ce système d'extraction permet d'obtenir une huile non piquante et riche en polyphénols.

➤ **Inconvénients**

- Les opérations de broyage et de pressage de la pâte des olives, conduites en plein air peuvent déclencher l'auto-oxydation de l'huile et provoque la dégradation des acides gras insaturés conduisant à un état de rancissement de l'huile.
- Ce système génère des quantités importantes de margine (60 à 70) litre par 100 Kg d'olive.

VI.2.2. Système d'extraction continu avec centrifugation à trois phases

Les unités de trituration qui sont équipées en chaînes continues à trois phases (Figure 5), avec deux centrifugations, la première pour séparer les grignons et les huiles plus margines et la deuxième pour séparer les huiles des margines, Les trois phases sont : l'huile, la margine et les grignons.

L'introduction de ces installations continues a permis de réduire le coût de transformation

et la durée de stockage des olives avec pour conséquence une production oléicole de moindre acidité (Chimi, 2006).

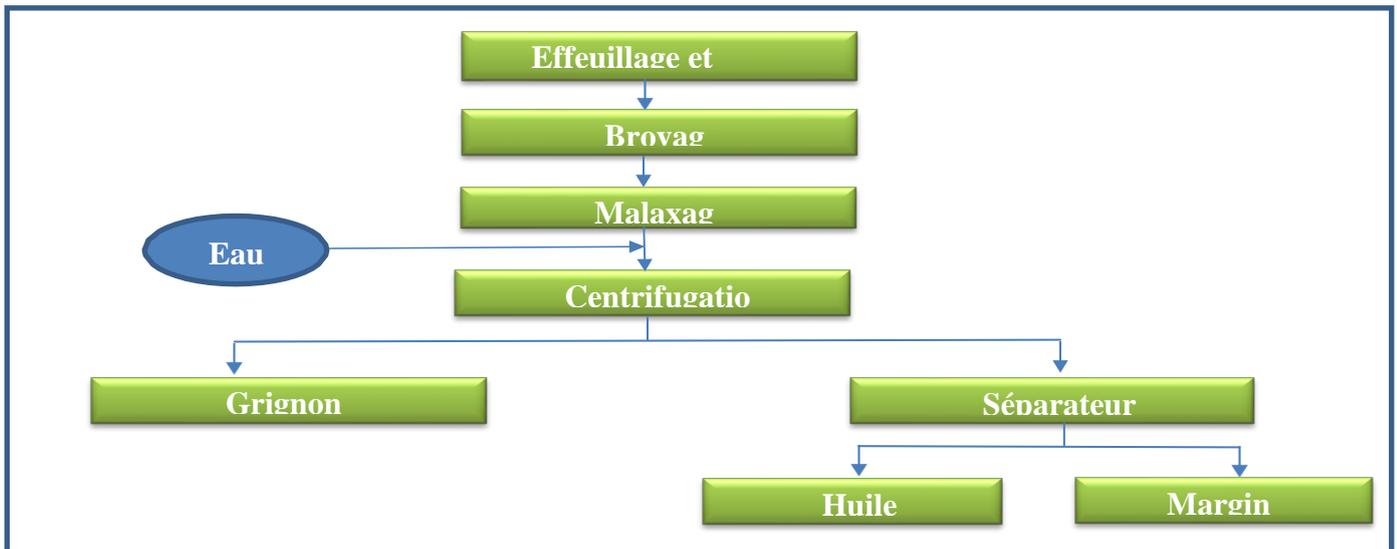


Figure 3: Système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases.

➤ **Avantage**

- Une faible acidité du produit

➤ **Inconvénients**

- Les apports élevés en eau chaude (40 à 60% du poids de la pâte) font que l'huile extraite se trouve appauvrie en composés aromatiques et en composés phénoliques ; ces composés passent partiellement dans la margine.
- Ce système donne aussi lieu à des grignons à teneur élevée en humidité (45 à 55 %) (Chimi, 2006).

VI.2.3. Système d'extraction continu avec centrifugation à deux phases

Les unités de trituration qui sont équipées en chaîne continues à deux phases avec une centrifugation permettant de séparer l'huile et les grignons humidifiés par les eaux de végétation provenant de l'olive (Figure 6). Les deux phases sont : l'huile et grignon. Ce procédé ne nécessite pas l'ajout d'eau pour la séparation des phases huileuse et solide contenant les grignons et les margines.

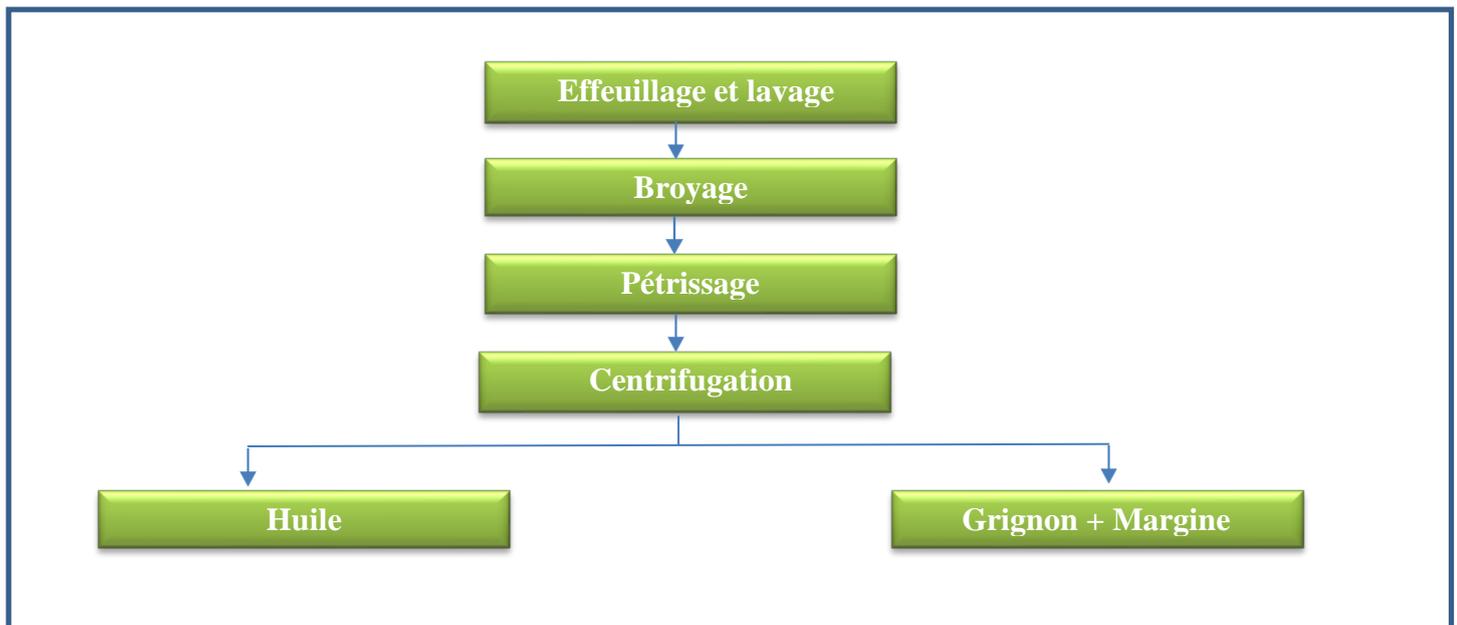


Figure 4: Système d'extraction continu à deux phases.

➤ **Avantages :**

- Le rendement en huile est légèrement plus élevé que celui des autres systèmes. Le décanteur à deux phases permet d'obtenir une huile riche en polyphénols totaux et orthodiphénols. Elle est donc plus stable.
- Ce système est plus respectueux de l'environnement car il ne procède pas à l'augmentation du volume d'effluents liquides.

VII. Effets thérapeutiques de l'huile d'olive

Selon **Halliwel et al. (1999)**, un antioxydant peut être défini comme étant toute substance, qui lorsqu'elle est présente à faible concentration par rapport à ceux d'un substrat oxydable, retarde considérablement ou empêche l'oxydation de ce substrat.

Les polyphénols naturels de l'huile sont des molécules très biodisponibles et hautement bioactifs, ce qui leur confère une multitude de bienfaits sur la santé humaine. Ces composés font partie de la famille des antioxydants. Ils permettent de lutter contre les radicaux libres aux effets délétères : agression des cellules, modification de l'ADN, oxydation des lipides. (**Ben lemlih et Ghanam 2016**)

Ainsi, des études récentes ont montré que l'hydroxytyrosol de l'huile d'olive améliore la fonction mitochondriale qui prévient le vieillissement cellulaire et par conséquent le vieillissement du corps. Ceci nous ramène à confirmer que ce composé est un agent utile pour prévenir le vieillissement et les maladies liées à l'âge. (**Aruoma,1994**)

Les polyphénols de l'huile d'olive participent aussi à la protection et au traitement du cancer. Dans ce cadre, il a été démontré que l'hydroxytyrosol et l'oleuropéine ont un effet anticancéreux sur le cancer du colon, le cancer du sang et le cancer du sein. Ces fameux composés agissent par plusieurs mécanismes antiprolifératifs et proapoptotiques. **(Bai,1998)**

Les bienfaits des composés phénoliques de l'huile d'olive sur le système cardiovasculaire ont été étudiés par plusieurs auteurs. En effet, les polyphénols de l'huile d'olives favorisent la réduction de la présence des molécules d'adhérence cellulaire, suppriment l'agrégation plaquettaire, protègent les LDL contre l'oxydation pour retarder l'athérosclérose et réduisent les réactions inflammatoires. Actuellement, d'autres vertus des polyphénols de l'huile d'olive sont reconnues, incluant ainsi leur effet antibactérien, le traitement et la prévention du diabète et la maladie d'Alzheimer **(Benlemlih et Ghanam, 2016)**.

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

Cette étude a été réalisée sur des échantillons d'huiles d'olive issus de la variété Chemlal, provenant de la région de TAZMALT dans la wilaya de Bejaia (Algérie) durant la campagne oléicole 2018-2019, qui date du 05/12/2018. L'extraction a été réalisée au niveau du laboratoire de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (I.T.A.F.V) de Takerietz à Sidi aich. Les échantillons ont été obtenus par un couplage entre l'extraction par presse à trois phases et oléodoseur suit:

- Le premier échantillon (huile d'olive) est une huile issue de la trituration des olives directement dans l'oléodoseur de l'ITAFV (**Figure 7**);
- Le deuxième échantillon (huile de pate) est une huile issue de la pate d'olives broyées et partiellement malaxées, prélevée à partir de la chaîne de l'unité de trituration à trois phases. Cette pate a été centrifugée dans la centrifugeuse verticale de l'oléodoseur pour obtenir une huile;
- Le troisième échantillon est une huile issue de la centrifugation finale de la chaîne continue à trois phases c'est-à-dire après addition de l'eau à température ne dépassant pas 25 C° et sans faire appel à l'oléodoseur. Elle a subi une première centrifugation horizontale et une deuxième centrifugation verticale.



Figure 1 : Photographie de l'oléodoseur de l'ITAFV de Takerietz

Les échantillons d'huiles extraites sont conservés dans des flacons en verre opaques au congélateur jusqu'à analyse. Les différentes analyses physico-chimiques effectuées sur les

trois huiles obtenues (huile d'olive, huile de pate et huile finale) sont réalisées au niveau du laboratoire de recherche 3BS de l'université de Bejaia.

II. Méthodes

II.1. Paramètres physiques

II.1.1. L'humidité

➤ **Définition :**

La teneur en eau et en matière volatiles est la perte de masse subie par le produit après chauffage à 103 +/-2 °C dans les conditions opératoires (**Ben Mohamed, 2015**).

➤ **Mode opératoire :**

Peser à 0,0001 près, environ 10g d'huile dans une capsule préalablement séchée et tarée. Maintenir la capsule contenant la prise d'essai durant 1 heure dans une étuve réglée à 103°C+/-2°C. Laisser refroidir dans le dessiccateur pendant 1 heure, puis, peser à 0,0001 g près. Répéter les opérations de chauffage, de refroidissement et de pesée, mais avec des séjours successifs à l'étuve de 30 mn chacun, jusqu' à ce que la perte de masse entre deux pesées successive ne dépasse pas 0,004g (**ISO 662**)

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche :

$$\text{Humidité (\%)} = [(M_1 - M_2) / (M_1 - M_0)] * 100$$

Soit :

M₀ : Masse, en gramme, de capsule vide ;

M₁ : Masse, en gramme, de capsule contenant la prise d'essai ;

M₂ : Masse, en gramme, de capsule et du résidu après chauffage à l'étuve.

II.1.2. La densité

➤ **Principe**

La densité est le rapport entre la masse d'un volume d'un liquide et la masse du même volume d'eau. La densité est donnée à la température de référence de 20°C. Elle se mesure à l'aide d'un pycnomètre selon la méthode **AFNOR (1968)**. La densité de l'huile est fonction de l'insaturation et l'oxydation ; plus elle augmente plus l'huile est oxydée (**Sekour, 2012**).

➤ **Mode opératoire**

Mesurer le poids du pycnomètre vide, puis le remplir d'eau distillée jusqu'au trait de jauge et peser à nouveau. Refaire la procédure en remplaçant l'eau distillée par l'huile d'olive (Wolff, 1968).

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés par la formule suivante :

$$D = [(P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)]$$

D : Densité de l'huile à 20°C ;

P₀ : Poids de pycnomètre vide ;

P₁ : Poids du pycnomètre remplie d'eau distillée ;

P₂ : Poids du pycnomètre rempli d'huile d'olive.

II.2. Paramètres chimiques :

II.2.1. L'acidité

➤ **Principe**

Cette méthode décrit le dosage des acides gras contenus dans les huiles d'olive. Cette teneur, exprimée en acidité, est calculée comme pourcentage d'acide oléique (CCE 52685/91).

➤ **Mode opératoire**

3g d'huile d'olive sont dissouts dans 50 ml d'un mélange d'ether diéthylique et éthanol, à parts égales, préalablement neutralisé. Titrer, en agitant, avec une solution d'hydroxyde de potassium à 0,1 N jusqu'au virage la couleur, opéré par la phénophtaléine, vers le rose, qui persiste pendant au moins 10 seconde (COI, 2015).

➤ **Expression des résultats**

L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide oléique selon la formule suivante :

$$A(\%) = [(v * c * M) / (10 * m)]$$

Soit :

A : Pourcentage d'acidité ;

V : Volume en millilitre, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium ;

C : Concentration en mole par litre de la solution KOH utilisée ;

M : Poids moléculaire de l'acide oléique qui est égal à 282g/mole ;

m : Masse en gramme de la prise d'essai.

II.2.2. L'indice de peroxyde

➤ Définition

Les corps gras peuvent s'oxyder en présence de l'oxygène et de certains facteurs (UV, eau, chaleur, trace de métaux). Cette oxydation, appelée autoxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) par fixation de l'oxygène sur le carbone situé en position alpha par rapport à une liaison éthylénique des acide gras insaturés constitutifs des glycérides. Pour évaluer les premières étapes de cette oxydation, on mesure l'indice de peroxyde (**ISO 3960**).

➤ Mode opératoire

Peser 1 à 3 g d'huile d'olive et ajouter 10 ml de chloroforme tout en agitant. Ajouter ensuite 15 ml d'acide acétique glacial et 1 ml de solution d'iodure de potassium saturée. Agiter pendant 1 mn et laisser à l'obscurité pendant 5 mn. Ajouter 75 ml d'eau distillée ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon. Le tout est titré avec le thiosulfate de sodium (0,01 N) en agitant vigoureusement. Un essai à blanc est préparé dans les mêmes conditions sans le corps gras (**ISO 3960, 2007**).

➤ Expression des résultats

L'indice de peroxyde (IP) est exprimé en méq g d'O₂ /kg de corps gras selon la formule suivante :

$$\text{IP (méq g d'O}_2\text{ /kg de corps gras)} = [(V_0 - V_1) / P] * 10$$

Soit :

V₀ : Volume de thiosulfate employé pour l'échantillon (ml) ;

V₁ : Volume de thiosulfate employé pour l'essai à blanc (ml) ;

P : Poids de la prise d'essai (g).

II.2.3. Extinction spécifique dans l'ultraviolet

➤ Principe

L'examen spectrophotométrique dans l'ultraviolet peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse, sur son état de conservation et sur les modifications dues aux processus technologiques. Les absorbances aux longueurs d'ondes prévues dans la méthode à 232 et 270 nm sont dues à la présence de systèmes diéniques et triéniques conjugués. Les valeurs de ces absorbance sont exprimées comme extinction spécifique.

Les diènes conjugués possèdent une forte bande d'absorption au voisinage de 232 nm. Les triènes conjugués possèdent une bande triple au voisinage de 270 nm. Les produits d'oxydation des acides gras insaturés, lorsqu'ils ont une structure diénique conjuguée absorbent au voisinage de 232 nm. Les produits secondaires d'oxydation absorbent au voisinage de 270 nm. Par conséquent, la détermination de l'absorbance au voisinage de 232 nm et au voisinage de 270 nm permet la détection et l'évaluation des produits d'oxydation primaires et secondaires (CEE, 1991).

➤ Mode opératoire

Peser 0,25g de l'huile dans une fiole jaugée de 25 ml et compléter avec le cyclohexane jusqu'au trait de jauge. Remplir une cuve en quartz avec la solution obtenue et mesurer les extinctions en utilisant le solvant comme référence aux longueurs d'onde de 232 nm et 270 nm (COI, 2010).

➤ Expression des résultats :

Les extinctions spécifiques ou (coefficient d'extinction) aux différentes longueurs d'onde est calculé comme suit :

$$K_{\lambda} = E_{\lambda} / (c \cdot s)$$

Soit :

K_{λ} : Extinction spécifique à la longueur d'onde λ (232nm ou 270 nm) ;

E_{λ} : Absorbance de l'échantillon à la longueur d'onde λ (232 ou 270nm) ;

C : Concentration de la solution en gramme par 100 millilitre ;

S : Epaisseur de la cuve en centimètres.

II.2.4. Dosage des pigments

➤ Principe

L'huile de d'olive vierge contient essentiellement deux pigments colorés qui sont responsable de sa couleur caractéristique .Il s'agit de la chlorophylle et du caroténoïde (**Rahmani, 1989**). Le principe repose sur le dosage de la pheophytine et la lutéine, représentants de la chlorophylle et des caroténoïdes respectivement (**Boskou, 2006**).

➤ Modes opératoire

7,5 g d'huile sont dissouts dans du cyclohexane à un volume final de 25 ml. Le maximum d'absorption à 670 nm est relié à la fraction des chlorophyllienne et 470 nm à la fraction caroténoïde. La valeur du coefficient d'extinction spécifique appliqué est $\epsilon=613$ pour la phéophytine comme composé majeur dans la fraction chlorophyllienne et $\epsilon=2000$ pour la lutéine comme composé majeur de la fraction caroténoïdique (**Minguez–Mosquera et al., 1991**)

➤ Expression des résultats

Les concentrations en chlorophylles et en caroténoïdes sont déterminées selon les formules suivantes :

$$\text{Teneur en chlorophylle (mg/kg)} = (A_{670} * 10^6) / (613 * 100 * d)$$

$$\text{Teneur en caroténoïdes (mg/kg)} = (A_{470} * 10^6) / (2000 * 100 * d)$$

Soit :

A : Absorbance ;

d : Longueur de la cuve en cm.

II.2.5. Extraction et dosage des polyphénols

A/ Extraction des polyphénols

Les composés phénoliques représentent la fraction polaire de l'huile d'olive et sont généralement obtenus par extraction liquide–liquide avec du méthanol 80 % (**Boskou, 2000**). Leur extraction est basée sur l'affinité des polyphénols pour la phase méthanolique. 8 g d'huile ont été dissouts dans 8 ml de méthanol /eau (80/20, v/v). Après une brève agitation, la solution résultante est centrifugée à 3800 rpm pendant 15mn. Les phases méthanoliques

constituant le surnageant sont récupérées dans des tubes qui sont ajustés à leur tour à 25 ml avec une solution de méthanol à 80% (Olivier *et al.*, 2004).

B/ Dosage des polyphénols :

➤ **Principe**

Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est composé d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_4$) qui se réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}). Cette réaction développe une coloration bleue qui est proportionnelle aux taux de composés phénoliques et qui peut être dosé par spectrophotométrie UV-VIS à une longueur d'onde de 765 nm (Georgé *et al.*, 2005).

➤ **Mode opératoire**

0,5 ml d'extrait méthanolique sont additionnés de 1,25 ml d'eau distillée et 0,125 ml de Folin-Ciocalteu. Le mélange est laissé 3 mn puis, 1 ml de carbonate de sodium à 10% est ajouté. Le volume est ensuite ajusté à 5 ml avec de l'eau distillée. Les tubes sont incubés à l'obscurité pendant 90 mn et l'absorbance est enfin mesurée à 765 nm (Gutfinger, 1981).

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en ppm ou en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par kg d'huile (mg EAG/kg), en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec un gradient de concentration d'acide gallique (Annexe I).

II.2.6. Dosage des flavonoïdes

➤ **Principe**

Le dosage des flavonoïdes est basé sur les propriétés chélatrices des ces derniers ; ils possèdent la fonction 4- céto-5 hydroxyle qui entre en interaction avec les ions Al^{+3} (Apak *et al.*, 2007).

➤ **Mode opératoire**

2 ml de l'extrait méthanolique sont ajoutés à 2 ml de la solution de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 2 %. Après 15 mn d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est lue à 430 nm (Ryan *et al.*, 2003).

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par kg d'huile en référence à une gamme étalon préparée avec un gradient de concentration de quercétine (Annexe I).

III. Etude de l'activité antioxydante

III.1. Activité anti radicalaire sur le radical DPPH

➤ **Principe :**

Le principe est basé sur la réduction de radical 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune, le 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à céder des protons (Boskou, 2006).

➤ **Mode opératoire**

2900 µl de la solution de DPPH à $6 \cdot 10^{-5}$ mole/l sont ajoutés à 100 µl de l'extrait méthanolique. Le mélange est incubé pendant 30 mn à l'obscurité et l'absorbance est mesurée à 515 nm (Krichene et al., 2010).

➤ **Expression des résultats**

L'activité est donnée par la formule suivante :

$$A(\%) = [(A_0 - A_1) / A_0] \cdot 100$$

Soit :

A_0 : Absorbance de la solution de DPPH ;

A_1 : Absorbance de la solution de DPPH plus l'extrait.

III.2. Le pouvoir réducteur

➤ **Principe**

Le test du pouvoir réducteur consiste à évaluer l'aptitude de l'échantillon à donner un électron, convertissant le fer ferrique de la forme (Fe^{+3}) en fer ferreux de la forme (Fe^{+2}). La réduction de Fe^{+3} en Fe^{+2} se traduit par la formation d'une couleur verte dont l'intensité

varie en fonction des antioxydants présents dans l'extrait. Une absorbance élevée à 700 nm révèle que l'échantillon possède un grand pouvoir réducteur (céder un électron) et donc une activité antioxydante importante (**Blazovics *et al.*, 2003**).

➤ **Mode opératoire**

1 ml d'extrait méthanolique est mélangé à 2,5 ml de solution tampon phosphate (0,2 M, pH= 6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium à 1 %. Le mélange est incubé à 50°C pendant 20 mn au bain marie pour accélérer la réaction. Après incubation, 2,5 ml d'acide trichloroacétique (10%) sont ajoutés et le mélange est centrifugé à 3000 tr/mn pendant 10 mn. 2,5 ml sont prélevés du surnageant et ajoutés à 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de chlorure ferrique (0,1%). L'absorbance est enfin lue à 700 nm (**COI, 2015**).

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/kg par extrapolation par rapport à la courbe de référence, obtenue en mesurant les absorbance de solutions d'acide ascorbique à concentrations croissantes (Annexe I).

IV. Analyse statistique

Toutes les analyses ont été réalisées en triple. Les résultats ont fait l'objet d'une analyse de la variance, suivie d'une comparaison multiple des moyennes (Test LSD) au moyen du logiciel Statistica version 5.5. Les différences sont significatives à $p < 0,05$.

Résultats et discussion

I. Paramètres physiques

I.1. La densité

La densité des huiles étudiées (**Figure 8**) révèle des valeurs similaires pour les trois échantillons ($P>0,05$). Elles sont légèrement supérieures aux valeurs fixées par le **Codex Alimentarius (1989)** pour l'huile d'olive vierge, qui sont comprises entre 0,910 et 0,916. **Douzane et Bellal (2004)** ont rapporté les valeurs de 0,914 - 0,915 et 0,913 pour la variété Chemlal durant les campagnes 1996/97, 1998/99 et 1999/00 respectivement.

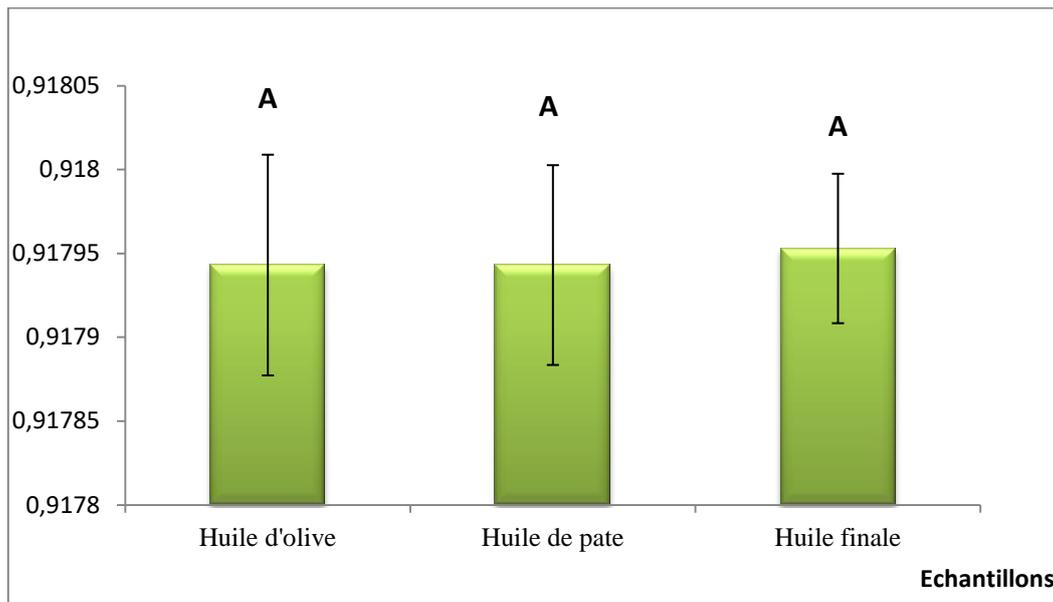


Figure 8: Densité des échantillons d'huiles d'olive

La densité correspond à une température bien donnée. L'huile d'olive se dilate lorsque la température augmente et donc sa densité diminue.

I.2. L'humidité

Le taux d'humidité des différents échantillons est illustré dans la (**Figure 9**). Les huiles étudiées présentent des valeurs significativement différentes ($P<0,05$) et décroissantes au cours de la transformation des olives. Elles varient entre 0,50% et 0,56% et sont largement supérieures par rapport à la norme fixée par le **COI(2009)** pour l'huile d'olive de la catégorie extra vierge (<0,2%). La présence de critère d'humidité dans l'huile favorise l'hydrolyse des triglycérides et leur dégradation. Ce paramètre est essentiel pour observer le point de maturité. Il a été démontré qu'en même temps que le taux d'huile augmente dans le fruit, le taux d'humidité diminue (**Charbonier, 1997**).

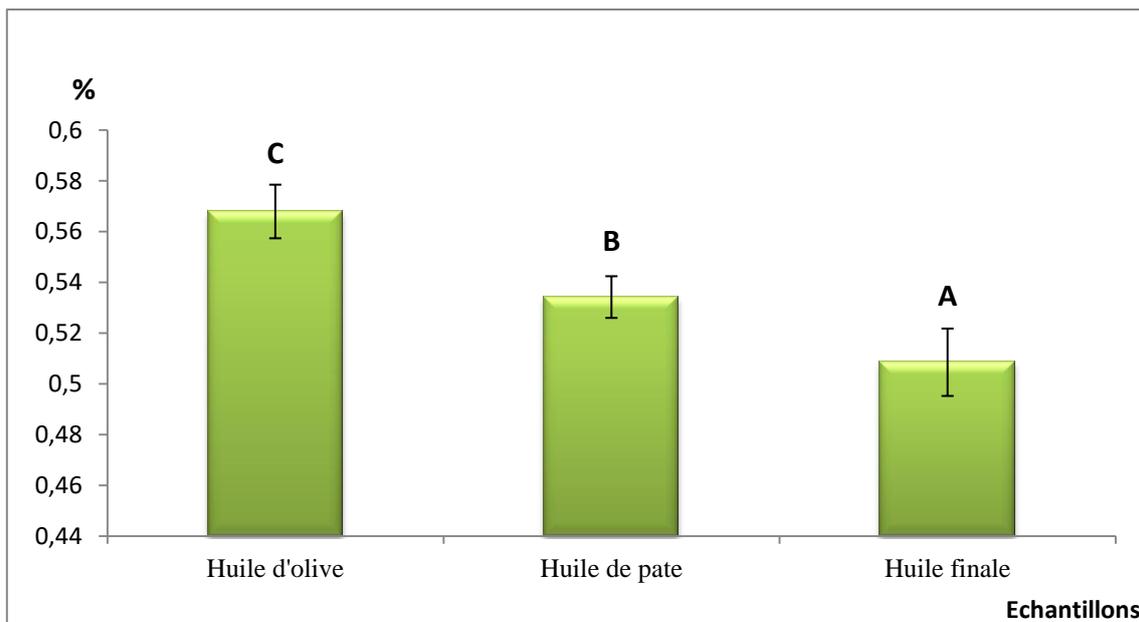


Figure 9: Taux d'humidité échantillons d'huiles d'olive

II. Paramètres chimiques

II.1. L'acidité libre

Nos données analytiques révèlent que l'acidité libre des huiles d'olives issues de différents stades de trituration se situe entre 1,97 et 2,33 % (Figure 10). Sur la base de ces résultats et selon la norme commerciale du COI (2009), on constate qu'aucun échantillon n'est de type huile d'olive extra vierge (acidité < 0,8).

De même, les huiles étudiées peuvent être classées en deux catégories distinctes : la classe de l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre est inférieure ou égale à 2%, cette classe renferme l'échantillon 1, issu de l'huile d'olive. La classe de l'huile d'olive vierge courante dont l'acidité est inférieure ou égale à 3,3% ; cette classe renferme les échantillons E2, E3 (huile de pate et huile finale).

Les acidités élevées que nous avons obtenues peuvent être expliquées par l'état de maturité très avancés des fruits et/ou à l'insuffisance de précautions prises lors de la récolte ou du stockage des olives, ce qui a entraîné la détérioration du fruit et par conséquent l'augmentation de la teneur en acides gras libres sous l'action des lipases (El antari *et al.*, 2000).

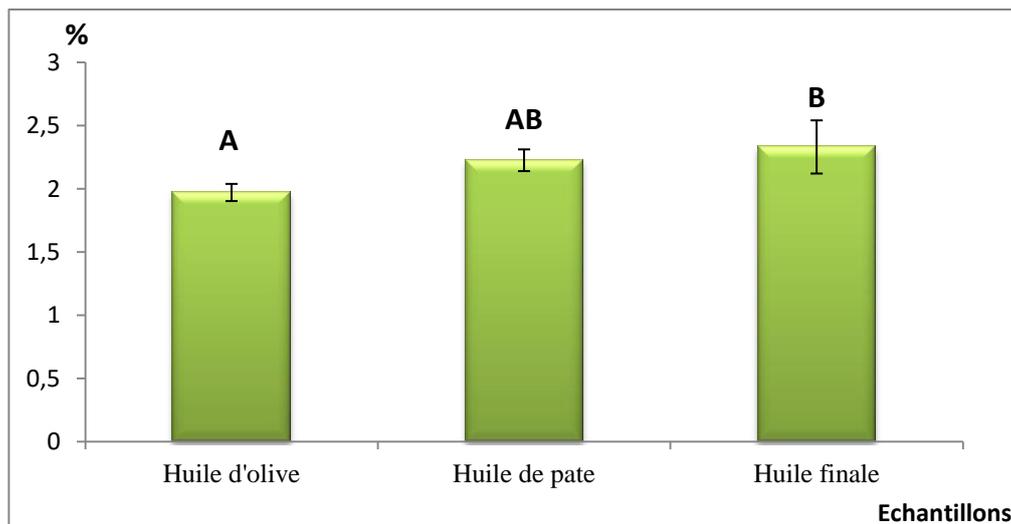


Figure 10: Acidité libre des échantillons d’huiles d’olive

Les valeurs observées dans cette étude sont inférieures à celles rapportées par **Boulifane et al. (2015)** qui ont obtenu des valeurs d’acidité comprises entre 2,17 et 5,83% pour les huiles d’olive de la région Chaouia (Maroc) et à celles de **Benabid et al. (2008)** qui ont enregistré des valeurs variant entre 0,77 et 9,26% pour des huiles d’olives de différentes régions oléicoles d’Algérie. Par ailleurs, nos résultats sont supérieurs à ceux enregistrés par **Tanouti et al. (2010)** qui ont noté que l’acidité libre est en dessous de 0,8% pour les huiles d’olives produites au Maroc oriental.

Sur le plan analytique, l’acidité de l’huile d’olive est proche de l’huile de pate, et cette dernière est proche de l’huile finale. La différence d’acidité entre l’huile finale et l’huile d’olive peut être expliquée par l’exposition de l’échantillon à la température, dû au frottement pendant le broyage et à l’ajout d’eau durant le procédé d’extraction qui favorise l’hydrolyse des triglycéride et donc libération d’acides gras libres..

II.2. Indice de peroxyde

Nos résultats d’analyses montrent que l’indice de peroxyde (IP) oscille entre 5,61 meq O₂ actif/kg d’huile pour l’échantillon d’huile d’olive et 13,66 meq O₂ actif/kg d’huile pour l’échantillon d’huile finale (**Figure 11**). Ces valeurs sont inférieures à la limite établie par le **COI (2009)** qui doit être : IP < 20 meq O₂ actif/ kg d’huile.

Nous notons une valeur de l’indice de peroxyde significativement plus élevée ($P < 0,05$) pour l’huile finale en comparaison à l’huile de pate et l’huile d’olive, qui ont induit

des valeurs similaires entre elles. Ceci peut être expliqué par une oxydation de l'huile, générée par le traitement technologique de l'extraction, puisque celle-ci a subi un malaxage pendant 60 mn, une addition d'eau après la phase de malaxage et un traitement thermique dû au frottement pendant le broyage ,ces conditions ont favorisés l'oxydation d'huile par l'oxygene atmosphérique.

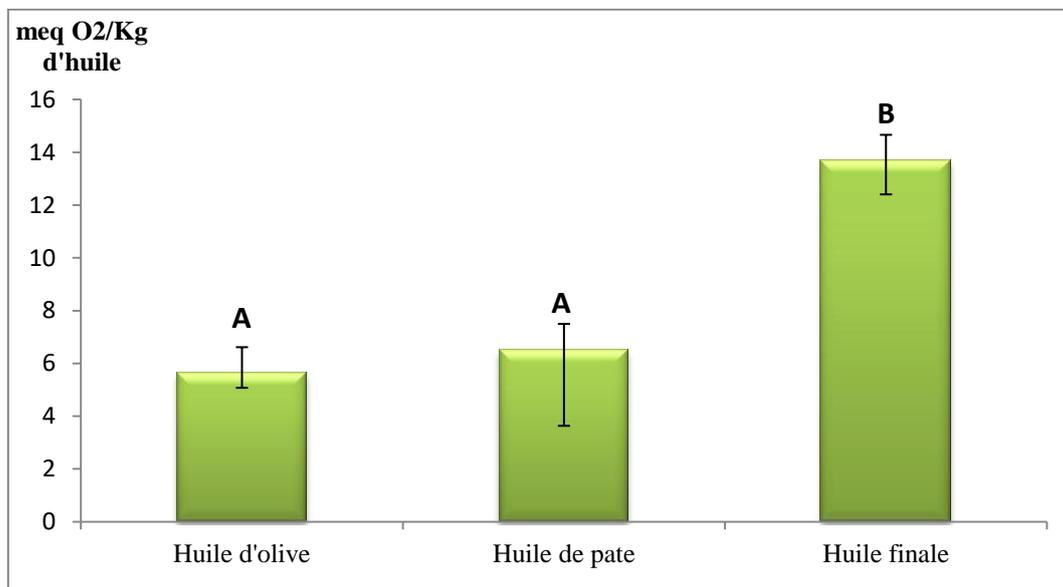


Figure 11: Indice de peroxyde des huiles étudiées

Meftah et al (2014) ont rapporté des valeurs similaires pour des huiles d'olives obtenues par le procédé d'extraction à trois phases, originaires du Maroc (12,07 à 18,66 meq O₂ actif/kg d'huile). Nos résultats s'inscrivent également dans la gamme des valeurs obtenues par **Salvador et al. (2003)** pour les échantillons d'huile de pate et huile finale (7,8 et 12,9 meq O₂/kg d'huile respectivement).

D'autre part, **Tanouti et al. (2010)** ont trouvé des valeurs comprises entre 7 et 15,4 meq O₂/kg d'huile.

II.3. Absorbance dans l'Ultra-violet

Nos données analytiques révèlent des valeurs similaires pour l'extinction spécifique à 232 nm (**Figure 12**) pour l'huile de pate et l'huile finale ($P>0,05$), tandis que l'huile d'olive a induit une valeur significativement plus basse ($P<0,05$). L'échantillon d'huile d'olive répond à la norme **COI (2011)** alors que l'échantillon d'huile de pate et huile finale révèlent des résultats qui appartiennent à la catégorie de l'huile d'olive courante.

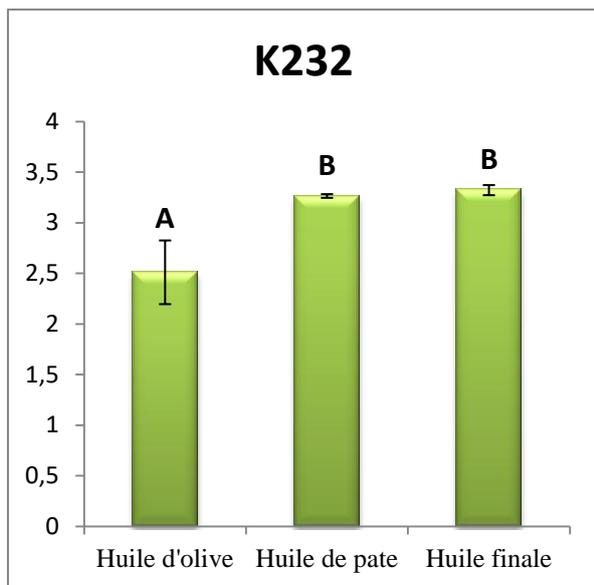


Figure 132: Extinction spécifique à 232 nm

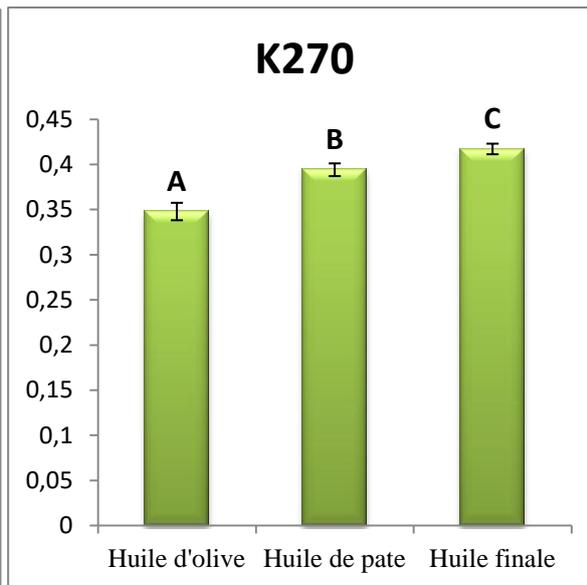


Figure 12: Extinction spécifique à 270 nm

Les produits d'oxydation des acides gras insaturés, lorsqu'ils ont une structure diénique conjuguée absorbent au voisinage de 232 nm. Les produits secondaires d'oxydation absorbent au voisinage de 270 nm. Par conséquent, la détermination de l'absorbance au voisinage de 232 nm et au voisinage de 270 nm permet la détection et l'évaluation des produits d'oxydation primaires et secondaires (CEE, 1991). Plus l'extinction à 232 nm est forte plus elle est peroxydée. de même, plus l'extinction à 270 nm est forte plus elle est riche en produits d'oxydation secondaires et traduit sa faible aptitude à la conservation (Wolff, 1968).

Pour l'extinction à 270 nm (Figure 13), les résultats des trois échantillons excèdent la limite des huiles d'olive courantes (0,3). Il est à noter que ces mêmes échantillons, surtout l'huile finale ont présenté des valeurs d'indice de peroxyde plus élevées. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats ; il peut s'agir d'une récolte tardive des olives, un temps de stockage élevé avant transformation, voir aussi à un réchauffement de la pate d'olive lors de la trituration (Tanouti *et al.*, 2011).

II.4. Teneurs en pigments

II.4.1. Teneurs en chlorophylles

Les teneurs en chlorophylles pour les échantillons huile de pate et huile finale sont identiques sur le plan analytique. On constate aussi une plus grande teneur pour l'huile d'olive. (Figure 14). Les travaux d'Issaoui *et al.* (2010) montrent des teneurs en chlorophylle de 8,8 et 17,3 mg/kg pour les variétés Chétoui et Chemlali cultivées en Tunisie respectivement. Dans notre cas l'échantillon d'huile d'olive présente une valeur deux fois

supérieure comparé à celles d'huile de pate et huile finale. Selon **Tamandjari et al. (2016)** la teneur de la variété Chemlal est de 0,5 mg/kg d'huile.

Ces forte teneurs sont non souhaitées car elles provoquent l'action pro-oxydante des pigments chlorophylliens, ce qui engendre une mauvaise conservation des huiles (**kristisakis et al., 1987**), d'où l'intérêt de produire des huiles d'olive à partir d'olives mures et de procéder à l'effeuillage lors de l'extraction de l'huile.

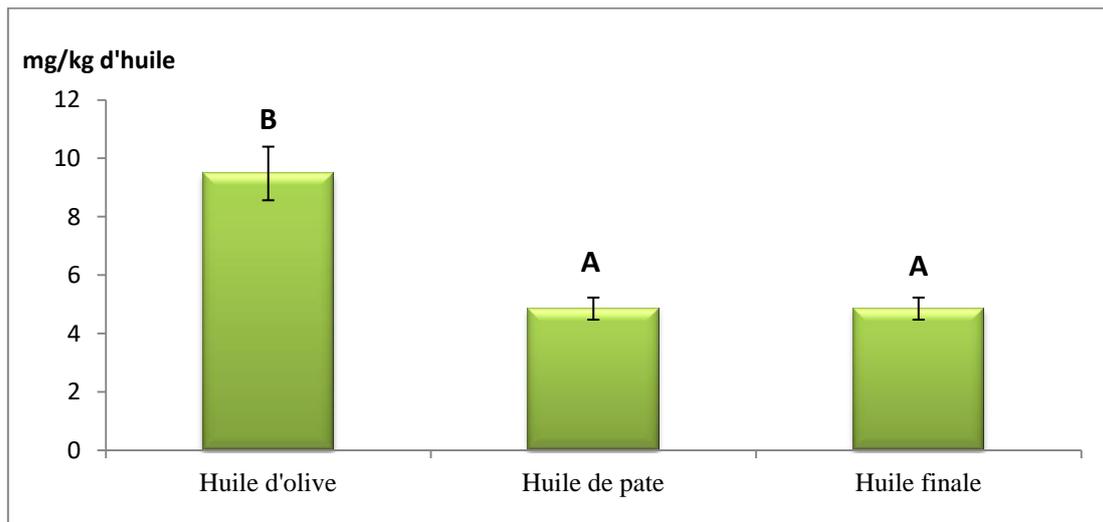


Figure 14: Teneurs en chlorophylles des huiles étudiées

En effet, au début de la campagne oléicole, la concentration en chlorophylle est élevée. Cette valeur diminue graduellement au fur et à mesure de la maturité des olives. Cette dégradation de la chlorophylle en phéophytines confère à l'huile sa couleur jaune (**Ait yassine, 2001 ; Psomiadou et al., 2001**).

II.4.2. Teneurs en caroténoïdes

La figure 15 présente les résultats du dosage de caroténoïdes. Les valeurs obtenues sont significativement différentes sur le plan analytique ($P < 0,05$). Nous observons des valeurs qui oscillent entre 3,87 mg/kg pour l'huile d'olive et 1,17 mg/kg pour l'huile finale.

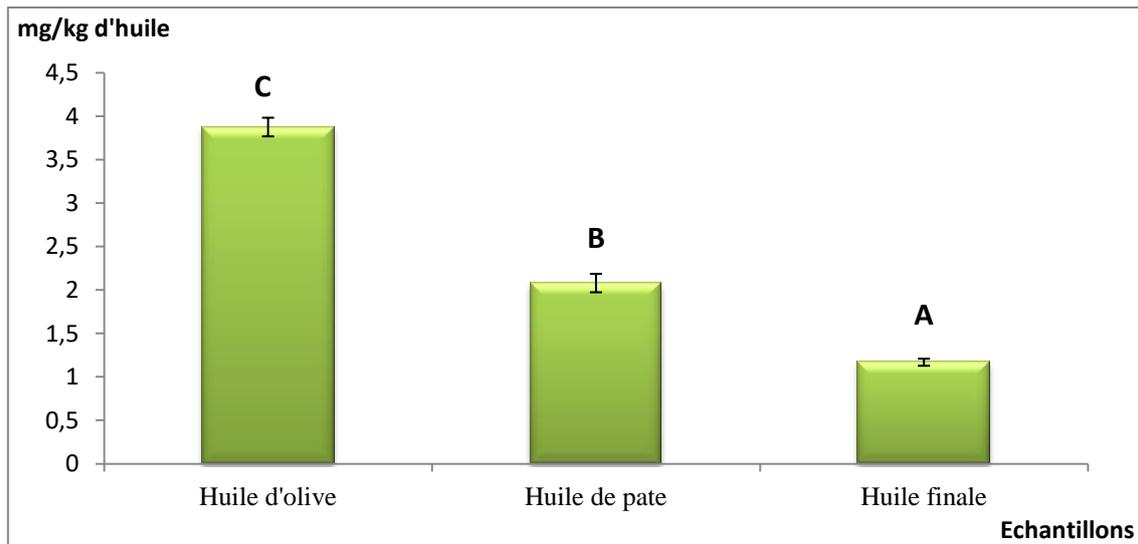


Figure 15: Teneurs en caroténoïdes des huiles étudiées

Les études menées par **Issaoui et al. (2010)** ont révélé des teneurs de 8,4 et 3,7 mg/kg pour les variétés Chétoui et chemlali respectivement, tandis que **Tamandjari et al. (2016)** ont noté une valeur inférieure pour la même variété de l'huile d'olive extra vierge qui de 0,3 mg/kg.

Les chlorophylles a et b et leurs produits immédiats de dégradation, phéophytines a et b, sont des photosensibilisateurs. En présence de lumière, ces pigments passent de leur état singulet fondamental à un état singulet excité puis à un état triplet excité métastable. Les pigments ont alors tendance à revenir à l'état singulet fondamental en transformant l'oxygène atmosphérique en oxygène singulet très réactif. Ce dernier réagit directement sur les acides gras insaturés de l'huile en donnant des hydroperoxydes très instables qui peuvent se décomposer pour donner des composés volatils à faible poids moléculaire qui sont à l'origine du rancissement de l'huile d'olive vierge. En revanche, le bêtacarotène agit comme protecteur en désactivant l'oxygène singulet produit par les chlorophylles. Il est suggéré, en outre, que le bêtacarotène aurait pour rôle de filtrer les longueurs d'onde actives des radiations lumineuses en protégeant ainsi l'huile contre l'activation de l'oxygène par la lumière. Des études ont montrées que l'effet du bêtacarotène diminue progressivement au cours de l'exposition de l'huile à la lumière. Les pigments caroténoïdes sont facilement dégradés en présence de la lumière et de températures élevées (**Ben takya et Hassouna 2007**)

II.5. Teneurs en composés phénoliques

Les effets bénéfiques de l'huile d'olive sur la santé dépendent largement de sa teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes. Ces métabolites secondaires ont la capacité de piéger les radicaux libres, d'interrompre la réaction catalytique de peroxydation des lipides et d'inhiber l'oxydation des LDL.

Les résultats du dosage des polyphénols ont révélé des teneurs variant de 59,02 à 122,05 mg EAG/Kg d'huile respectivement pour l'huile de finale et l'huile d'olive (**Figure 16**). Nous constatons que les trois échantillons présentent des valeurs décroissantes au fur et à mesure du cheminement des olives dans la chaîne de transformation, ce ci peut être expliqué par les propriétés hydrosolubles de ces molécules.

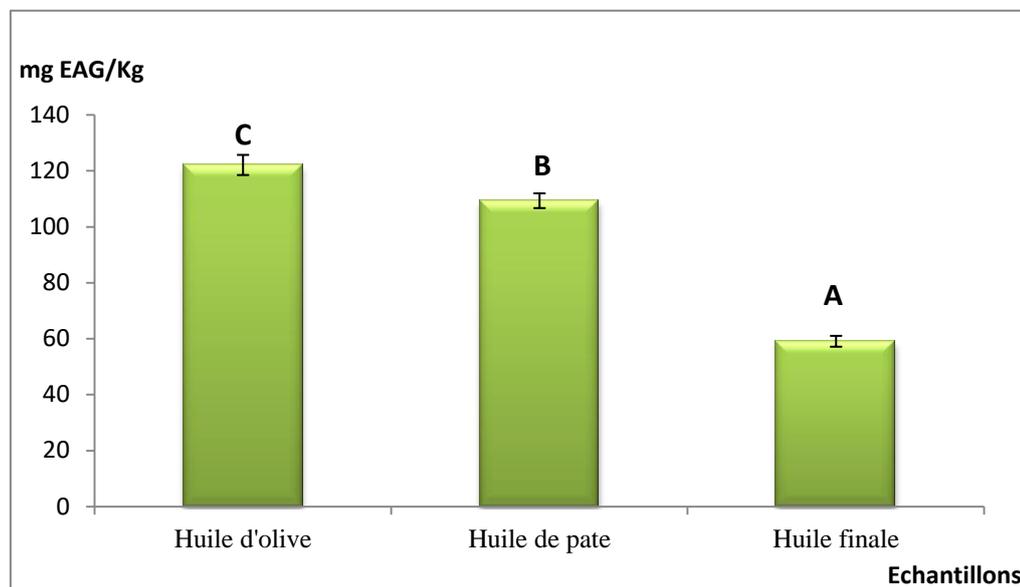


Figure 16: Teneurs en phénols totaux des huiles étudiées

L'analyse statistique montre des différences significatives ($P < 0,05$) entre les échantillons examinés. Nos valeurs sont inférieures à celle rapportée par **Merouani et al. (2014)** qui est de 167,29 mg EAG/Kg pour la variété Chemlal. Cette disparité peut être expliquée par la différence de l'origine géographique ou des conditions de stockage des olives avant extraction.

II.6. Teneurs en flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes (**Figure 17**) suivent la même tendance que celles des phénols totaux. Elles sont de 16,44 mg EQ/kg pour l'huile finale, 20,83 mg EQ/kg pour l'huile de pate et 31,17 mg EQ/kg pour l'huile d'olive.

Les travaux d'**Issaoui et al. (2010)** ont révélé des teneurs en flavonoïdes qui varient entre 172,5 et 572 mg/kg pour la variété Chemlali et entre 274 et 551,1 pour la variété chétoui tous deux cultivés en Tunisie. Ces doses sont largement supérieures à nos résultats.

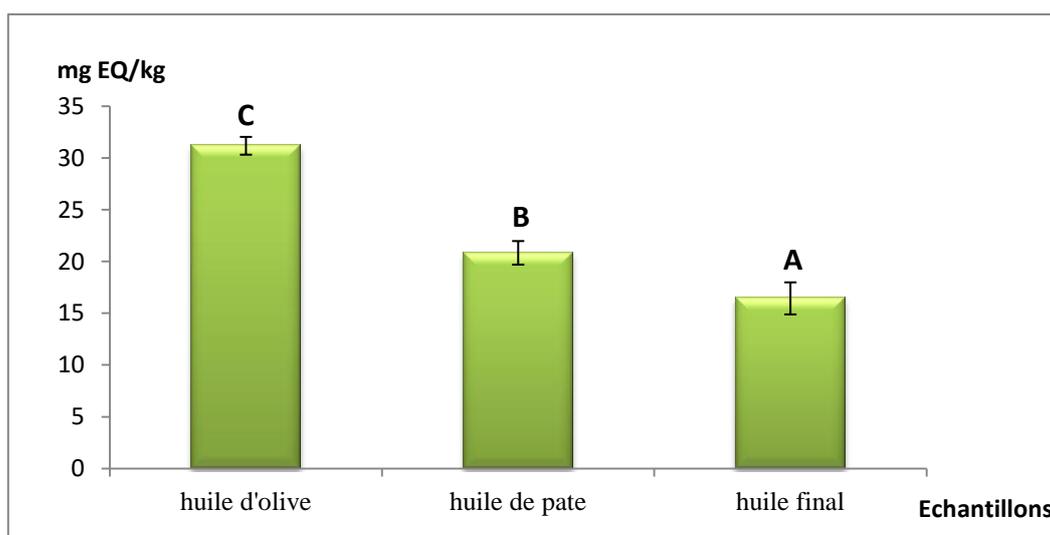


Figure 17: Teneurs en flavonoides des huiles étudiées

Tamandjari et al. (2016) ont noté une concentration de 223,3 mg/kg pour la variété Chemlal de la région de Bejaia. Ces variations peuvent être expliquées par la différence de zone géographique ainsi que le phénomène d'alternance d'une année à une autre.

III. Activité antioxydante des huiles

III.1. Le pouvoir réducteur

Nos données analytiques (**Figure 18**) montrent un pouvoir réducteur qui diffère de façon significative d'un échantillon à un autre ($P < 0,05$), allant de 14,84 mg EAA/Kg pour l'huile d'olive à 2 mg EAA/Kg pour l'huile finale.

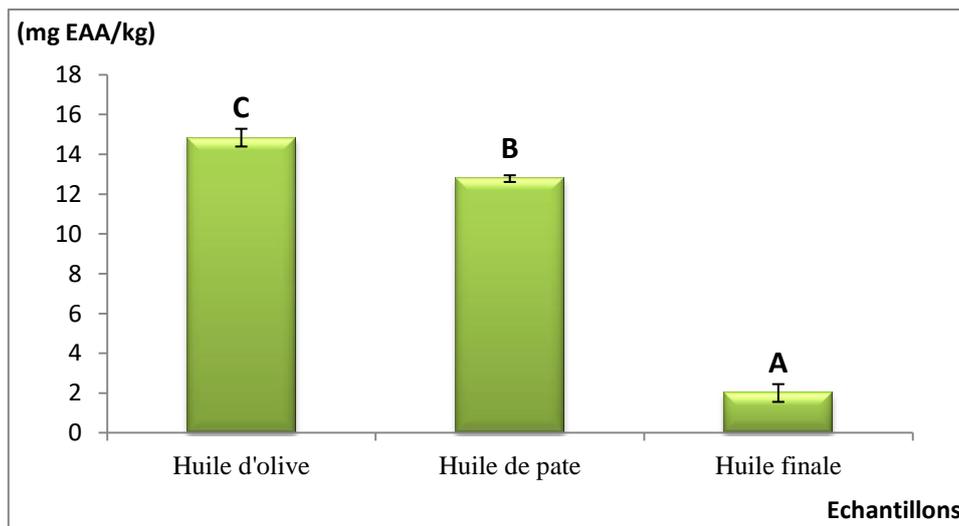


Figure 18: Représentation graphique du pouvoir réducteur des huiles étudiées

Cette décroissance peut être justifiée par la diminution des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes au cours de la transformation ; ces substances, responsables de l'activité antioxydante des huiles, sont perdues dans la phase aqueuse.

III.2. Activité scavenger du radical DPPH'

Le principe de ce test se résume par la capacité de l'extrait à réduire le radical libre DPPH (2,2 -diphényl-1-picrylhydrazyl) de couleur violette foncée, qui se transforme en coloration jaunâtre après réduction (Gimeno *et al.*, 2002). A partir des résultats obtenus (Figure 19), nous constatons une diminution de l'activité antiradicalaire ($P < 0,05$) au cours de l'extraction de l'huile tout au long de la chaîne de transformation. Ces valeurs oscillent entre 17,20 % et 42,35% pour l'huile finale et l'huile d'olive respectivement.

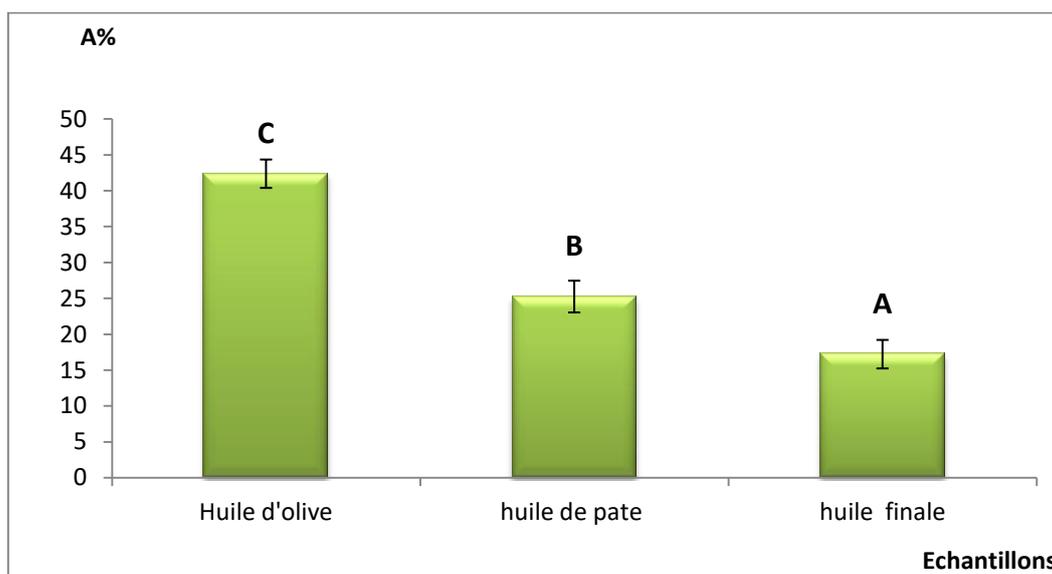


Figure 19: Représentation graphique de l'activité scavenger du radical DPPH'

Selon **Merouani *et al.* (2014)**, l'activité antiradicalaire est évaluée à 25,38 mg/kg pour un échantillon d'huile issue d'olives de la même variété ; une valeur qui rentre dans l'intervalle des valeurs obtenues dans notre étude (particulièrement similaire à l'huile de pate). Nous constatons que l'échantillon d'huile d'olive possède une activité antioxydante deux fois plus élevée que celle de l'huile finale. Cette diminution considérable peut être expliquée par la perte des substances capable de réduire radical DPPH (phénols totaux et flavonoides) dans la phase aqueuse.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Le présent travail a été réalisé en vue de suivre les phénomènes d'altération qui peuvent toucher la qualité d'huile d'olive à différentes étapes de la trituration dans une chaîne continue à trois phases. La variété étudiée est *Chemlal* de la région de Bejaia.

Les propriétés physico-chimiques, la composition en pigments et en polyphénols ainsi que l'activité antioxydante ont été étudiés.

L'acidité, l'indice de peroxyde et l'extinction spécifique dans l'UV suivent une même tendance. En effet, les valeurs enregistrées augmentent graduellement en évolution du procédé de trituration à trois phases.

Ces analyses sont complémentaires et nous indiquent que l'huile d'olive a subi une altération de sa qualité au cours de son extraction. L'hydrolyse des triglycérides et l'oxydation des acides gras libres, générés sous l'effet de la présence de l'O₂, de l'eau et la température élevée pendant le malaxage des olives sont probablement à l'origine des valeurs relativement élevées, notées pour l'huile finale (Acidité : 2,33%, IP : 13,66 meq O₂/kg d'huile, extinction à 232 et 270 nm : 3,3 et 0,41 respectivement contre 1,97%, 5,61 meq O₂/kg d'huile, 2,51, 0,34 pour l'huile d'olive respectivement).

Les teneurs en pigments (chlorophylles et caroténoïdes) diminuent de façon significative ($P < 0,05$) au cours du cheminement des olives dans la chaîne de trituration à trois phases. Les concentrations les plus élevées sont notées pour l'huile d'olive (9,48 mg de chlorophylle /kg et 3,87 mg de caroténoïdes/kg d'huile), puis, diminuent jusqu'à atteindre des valeurs de 4,85 mg de chlorophylle /kg et 1,17 mg de caroténoïdes/kg d'huile finale. Cette diminution considérable peut être expliquée par leur perte pendant l'extraction. Certains auteurs ont constaté qu'environ 80% et 40% de chlorophylle et de caroténoïde respectivement, sont perdus pendant l'extraction de l'huile olive. Cependant, la teneur des pigments chlorophylliens est plus élevée dans l'huile d'olive extraite par centrifugation en raison de l'utilisation des broyeurs métalliques dans le meulage d'olive. Les broyeurs brisent les cellules de la pulpe d'olive, ainsi, les pigments sont libérés et les huiles obtenues sont plus vertes. De plus, l'huile d'olive particulièrement riche en chlorophylles, est plus sensible à l'oxydation. A la lumière, la chlorophylle favorise la formation des radicaux de l'oxygène et accélère l'oxydation mais dans l'obscurité, la chlorophylle agit en tant qu'antioxydant.

Pour les composés phénoliques, les résultats du dosage des ont révélé des teneurs variant de 59,02 à 122,05 mg EAG/Kg d'huile respectivement pour l'huile de finale et l'huile d'olive. Les teneurs en flavonoïdes suivent la même tendance que celles des phénols totaux. Elles sont de 16,44 mg EQ/kg pour l'huile finale, 20,83 mg EQ/kg pour l'huile de pate et 31,17 mg EQ/kg pour l'huile d'olive. Les composés phénoliques passent dans l'huile lors de son extraction. Ils sont considérés comme des antioxydants naturels qui protègent l'huile contre l'oxydation et lui confèrent une meilleure stabilité lors du stockage et une saveur amère.

Les teneurs plus élevées pour l'huile d'olive en comparaison des huiles de pate et finale suggèrent une perte de ces molécules au cours de la trituration des olives. En raison de leur caractère hydrosoluble, ces composés sont entraînés par les eaux de process dans les margines.

Les résultats obtenus pour l'activité antioxydante des extraits méthanoliques montre qu'il ya diminution graduelle du pouvoir antioxydant à partir de l'huile d'olive pour atteindre son minimum pour l'échantillon d'huile finale (14,84 mg EAA/Kg à 2 mg EAA/Kg respectivement). La même tendance est observée pour l'activité antiradicalaire contre les radical DPPH. En effet, cette activité diminue de façon significative ($P < 0,05$) à mesure que le l'extraction progresse dans la chaine à trois phases (17,20 % pour l'huile finale contre 42,35% pour l'huile d'olive).

Cette diminution considérable peut être expliquée par la perte des substances capables d'induire une activité antioxydante (phénols totaux et flavonoïdes) dans la phase aqueuse.

Des analyses complémentaires et approfondies n'ont pas été traitées dans cette étude telles que : l'indice de maturité, les paramètres pomologiques, le dosage des tocophérols, ortho-diphénols et la détermination du profil en acide gras. Ces analyses seraient intéressantes pour affirmer l'impact de la trituration par la chaine continue à trois phases sur la qualité de l'huile d'olive. Cependant, nous pouvons à partir des résultats de cette étude conclure que la trituration à trois phase influence la qualité de l'huile d'olive.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- Ahmidou .,Ouaouich et Hamadi C.2007.Guide de production de l'huile d'olive ,Organisation des Nation Unie pour le développement industriel,Vienne
- Ajana H .,El antari A et Hafidi A.1999.Evolution of biometric parameters and chemical composition of olives from the marocain Picholine variety during fruite ripness.
- Amouretti M.C et Comet G.2000 .Le livre de l'olivier .Edition Edisud.pp88-89-108.
- Apak R. ,Guch K. ,dermirata B. ,Oéyurek .,Estin celik .,Bekasglu B., Berker K.,Ozurt D.2007.Compounds with the CURAC Assay.molécule .12:1496-1547
- Aruoma Ol (1994).Nutrition and health aspect of free radicals and antioxydant .food and chemical toxicology.32:671-683.
- Atouati B.Y 1991.Evoloution de la caractéristique de la fraction phénolique totale avec le stade de maturité des olives. Mémoire troisième cycle Agronomie option .IAA.IAV .Hassan II. , Rabat.

B

- Baccouri B., Zarrouk W.,Bacouri O.2008.Composition ,quality and oxidative stability of virgin olive oils from selected wild olives (Olea Eureupeae .lsub Oleaster .grasas aceites .59 (4) :346-351.
- Bai c,Takenkay M.,Sekaiy S.;Nagata T .(1997).Determination of synthetic hydroxytyrosol ion rat plasma by GC-MS.Journal of Agricultural and food Chemisrty.46:3998-4001.
- Ben Mohamed M.,Boudiche S ., Kachouni F 2015.Qualité d'huile d'olive biologique :Edition Universitaire Ereupéennes .p118.
- Ben takaya .I.,Mnasser H (2007).Effet des chlorophylles de bétacarotène ,de l'alphatocophérol ,de tyrosol et leur interaction sur la stabilité oxidative de l'huile d'olive.OCL .Vol.14 N.
- Benlemlih M et ghanam J . 2016. Phénols d'huile d'olive ,trésors santé.edition Medicatrix.

- Blazovics A., Lugasi A., Szentmihalyik, & Kerya.** (2003). Reducing power of the natural
- Bouchefa H .S(2018).**Etude de la diversité de l'olivier cultivé et de l'oléastre (*Olea europaea l*) de la région de Béjaia .Aspect morphologique, physicochimique et moléculaire .thèse doctorat .Université de Béjaia.
- Boulifane S.M aata N ,Aouar A et Hilali S 2015.**Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produite dans les huileries traditionnelles de la région de la chaouia-Maroc.Journal of .Applied .biosciences 87 :8020-8029.
- Bouskou .2000.**Olive oil in world.review of nutrition and dietitices A.P simoupoules and f visioli.eds (besel:karger).pp 56-77.
- Bouskou D.1996.**Oliove Oil Chemistry and technology.AOCS.Press.champaign.illinois.
- Breton C.,Medail F., Pinatel C., Berville A .2006.** De l'olivier à l'oléastre : Origine et domestication de *Olea europaea l* dans la bassin méditerranéen .Cahier agriculteur vol .15, n° 4.

C

- Cavusogla A et Oktav A 1996.**Les effets de facteurs agronomique et des conditions de stockage avant mouture sur la qualité de l'huile d'olive.Olivea.52 :18-24.
- Charaterization of monovariétal extra virgin oils from the provence of Bejaia (Algeria).
- Charbonier A (1997)** .L'huile d'olive .aliment santé :l'huile d'olive et maladie cardiovasculaire,os et dégestion.Lvoisier Eds.Paris .pp 3-145.
- Cimato A.1990.**La qualité de l'huile d'olive vierge et les facteurs agronomique .Oliveae .31 :20-31
- Codex alimentarius 1989** .Norme pour les huiles d'olives et les huiles de grignons d'olives .Codex STAN 33.1981.
- Communauté Economique Européene CEE 1992** n°356/92, journal officiel de CE n° L 39 du 15 février 1992.
- Conseil oléicole international .1996.**Analyse spectrophotometrique dans l'ultraviolet conseil oléicole internationnal /T20/Doc19 6Juin 1996.Madrid .Espagne.

-Conseil oléicole international .2009.Norme commerciales applicables aux huiles d'olives et aux huiles de grignons d'olives COI/NCn°3/Rev.4..

-Conseil oléicole international .2010. Norme commerciales applicables aux huiles d'olives et aux huiles de grignons d'olives COI/T20/DCn°19/Rev.3.

-Conseil oléicole international .2011. Norme commerciales applicables aux huiles d'olives et aux huiles de grignons d'olives.T.15/NCn°3/Rev6

-Conseil oléicole international .2015.Norme commerciale applicable aux huile d'olive et aux huiles de grignons d'olives.N° 3/Rév.8-fevrier 2015.

D

-Douzane M et Bellal M.M (2004).Etude de caractéristiques physicochimique des huile de quelques variété population d'olive de la région de Béjaia.

E

-El antari A. Hillal .A .,Boulouha,B et El moudni A.(2000).influence of variété ,environnement and cultural technique on the caracteristique of olive fruits and the chemichal composition of extra virgine oil in Morocco.Oliveav 80 :29-36.

-El antari A., El moudni A.,et Ajana H .2003.Etude de la composition lipidique de deux compartiments du fruit d'olive de six variété d'oliviers cultivées au Maroc.Oliveae 24 :36-43.

G

-Ghalmi R 2012.Effet des facteurs agronomique et technologique sur le rendement et la qualité de l'olive .68 p.

-Gharbi D. ,Hassani A. ,Hellal B.2017.Impact du mode d'extraction ,de la durée de stockage et de la zone de culture :les propriétés physicochimique de l'huile d'olive .Edition Universitaire Ereupéennes 49p.

-Gherdira K.2008. l'olivier, phytothérapie .[www.fao.org /dorcep/x1 880f/fo3.htm](http://www.fao.org/dorcep/x1880f/fo3.htm).

-Gimeno E ,Fito M .,Lamueal Raventos RM , Castelotte Al ,Cova M.,lopez –sebater MC2002.Effect of ingestion of virgin olive on human low desnity lipoprotéine composition .Europeanjournalof clinical Nutrition ,56:114-120

-Gutfinger T.1981.Polyphenol in olive oils.Journal of Américan oil chemist s Sosciety 58
:(11)966-968

H

-Halliwell B. et Gatteridge JMC.1999.Free radical ion biology and medicine .Oxford
university. Press. Oxford.

I

**-Issaoui M.,Flamini.G.,Brahmi G. ,Dabbou S.,Ben hassine K .,Taamali A.,Chehab
H.,Ellouz M .,ZarroukM., Hallami M (2010) .**Effect of growing area conditions on
differnciation between Chemlali and Chétoui olive oil.food chemistry 119:220-225.

Jan.barcelone. 255-239.

K

-Krichene D. ,Allalout A.,Mancebo –compos V. ,Zarouk m.,frgapane G.2010.Stability of
virgin olive oil and behaviour of its naturel antioxydants under medium temperature
accelerated storage conditions .Food chemistry 121.(1):171-177.

L

-Labdaoui D .2017 Impact socio –économique et environnementale du modèle d'extraction
des huile d'olives à deux phases et possibilité de sa diffusion dans la région de bouira –
Algérie –thèse doctorat .Université de mostaganème.

-Lazzeri Y.2009.Les défis de la mondialisation pour l'oléiculture méditerranéenne
.L'olivier en méditerranée, conférence centre culturel français de Tlemcen.

M

-MADR : Ministère de l'Agriculture et développement Rural (2011).indicateur de
l'évolution de la filière oléicole.

-Mahhou A.,Jermouni A.,Hadiddou A .,Oukaleb A.M amouni A 2014.Période de récolte
et caractéristique de l'huile d'olive de quatre variété en irrigué dans la région de Meknès .Rev.
Mar.Sci Agron Vet.

-Meftah H B., Latrache H., Hamadi F. Hainie H., Zahir H et Louali M. 2014. Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olive issues de différentes zones de la région TadlaAzilal (Maroc). *J. Environ. Sci* 5(2) :641-646.

-Merouani A., Noui A., Housseyn M., Benhadj Ali K (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques de l'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle.

-Minguez-Mosquera., M.I., Rejano L., Gandul B., Sanchez A.H., Garido J. 1991. Corrélation des pigments colorés en huile d'olive vierge. *J. Am Oil Chem. Soc* 68 :332-336

-Montedero G 1989. Huile : variété et technologie influençant la qualité. *Oliveae* 29 :28-30.
polyphénols de *Semper vivum tectorum* in vivo et in vitro. *Actabiologica Szegediensis*, 47: production qui affecte leur occurrence dans l'huile. *Journal of chromatography* .A.1054:113-127

O

-ONU. 2007. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel. Guide du producteur de l'huile d'olive. V7. Autriche.

-Organisation Internationale de Normalisation ISO. 660. 1996. Corps gras d'origine animale et végétale. Détermination de l'indice d'acidité et de l'acidité.

- Organisation Internationale de Normalisation ISO. 3960. 2007. Corps gras d'origine animale et végétale. Détermination de l'indice de peroxyde. Détermination avec point d'arrêt iodométrique.

P

-Psomiadou E et Tsimiod M. (2001) pigments dans les huiles d'olive vierges : occurrence et niveau. *Journal of Food and Agriculture* 81:640-647.

R

-Rahmani M. 1989. Mise au point sur le rôle des pigments chlorophylliens dans la photoxydation de l'huile d'olive vierge. *Oliveae* 72 :30-32.

-Rayan D., Robard Sk., Lavee S. 1998. Evolution de la qualité de l'huile d'olive. *Oliveae*, 72 ;23-39.

-Ryan D et Rabat K. 1998. Composés phénoliques dans les olives. *Analyst*, 123 :31-44.

S

-**Salas J., Sanchez J., Ramli U.S 2000.** Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruit .progress in lipid research .39:115-180.

- **Sekour, B. (2012).** Phytoprotection de l'huile d'olive vierge (H.O.V) par ajout des plantes végétales (thym, ail, romarin). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme en Magister, filière génie alimentaire, Université M'hamed Bougara-Boumerdes, p. 116.
99-102.

T

-**Tamandjari A., Lincer f., Iaccarino N., Amato J., Pagano B., Pagano A., Tenore G., Ritieni A., Mannina L., Novellino E., Randazzo A. (2016)** Characterization of monovariétal extra virgin olive oils from the province of Béjaia (Algeria). Food Research International 89/1123-1133.

W

-**Wolff J.P (1968).** Manuel d'analyse des corps gras .Edition Azoulay, Paris.

Annexe

Annexe I

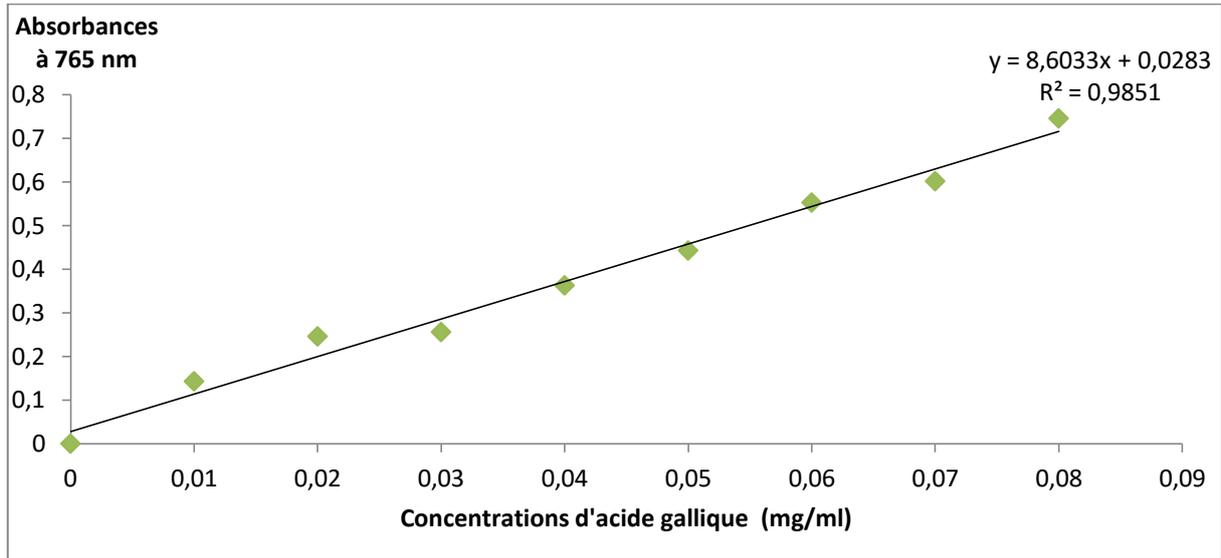


Figure a : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

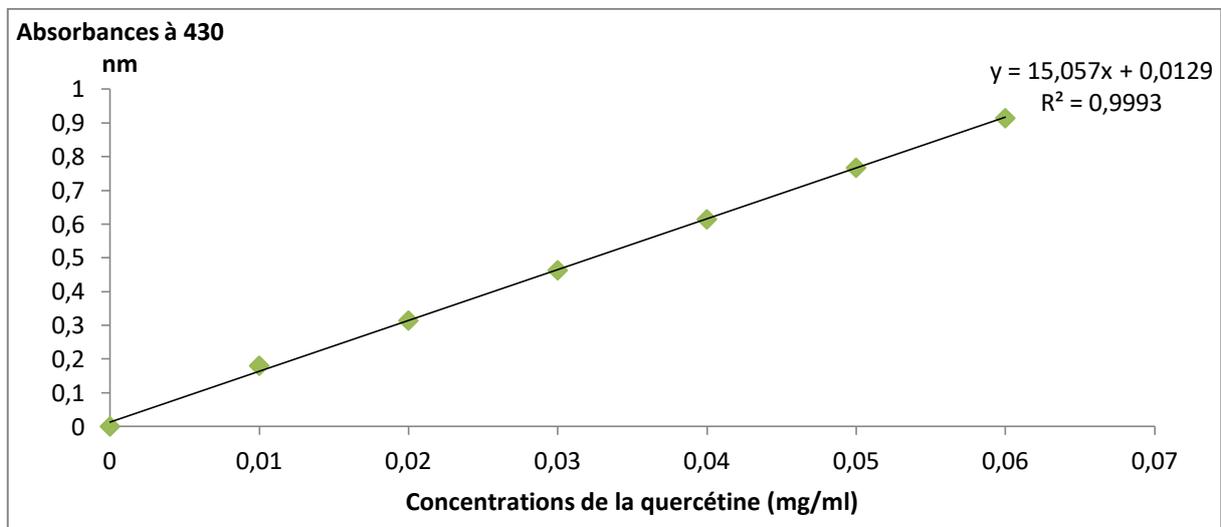


Figure b: Courbe d'étalonnage de la quercétine.

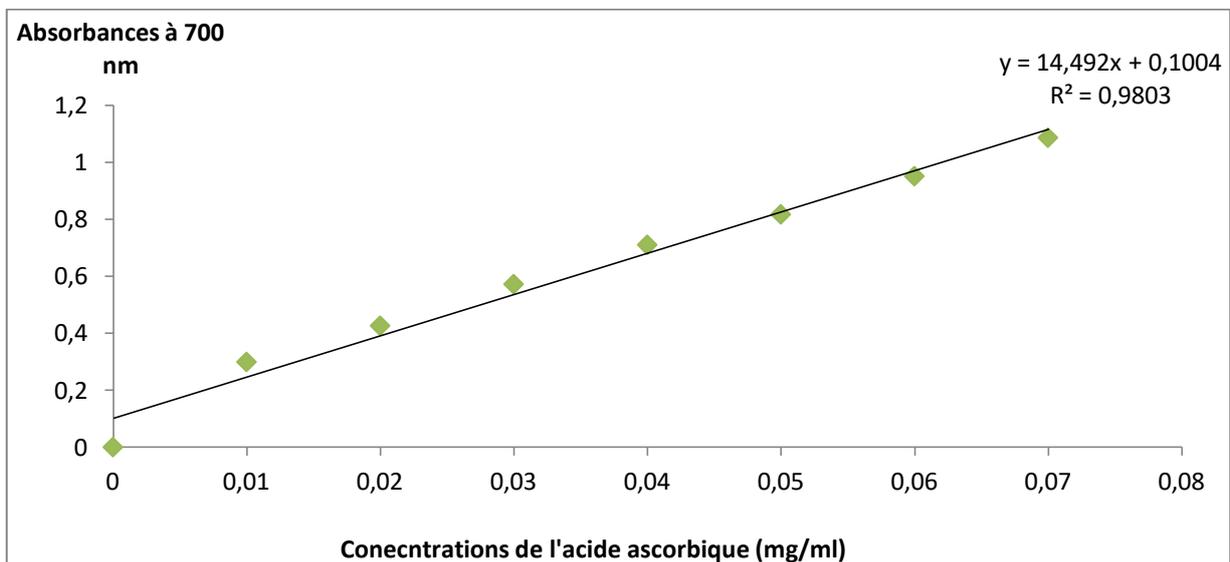


Figure c: Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.

Résumé :

Cette étude a été réalisée dans l'objectif d'évaluer l'impact de la trituration d'olive, par le système d'extraction à chaîne continue à trois phases sur la qualité de l'huile obtenue. L'échantillon d'olive provient de la région de Bejaïa pour la compagnie oléicole 2018-2019. Les trois échantillons analysés sont l'huile d'olive (extraction à froid), huile de pâte d'olive qui a subi broyage et malaxage et l'huile finale issue en fin de la trituration. Une caractérisation physicochimique, dosage des pigments, composés phénolique et activité antioxydante ont été effectués. Selon le **COI 2009**, les résultats des indices de qualité révèlent que l'huile d'olive est une huile d'olive vierge, tandis que l'huile de pâte et huile finale sont des huiles vierges courantes. L'indice de peroxyde et l'extinction à 232 et 270 nm indiquent des signes d'oxydation. Pour les polyphénols une nette diminution entre l'échantillon de départ et l'huile finale a été enregistré (des teneurs variant de 122,05 à 59,02 mg EAG/Kg). Le pouvoir réducteur et le test DPPH montrent une diminution au fur et à mesure que l'olive subit des transformations tout au long de la chaîne de trituration. En conclusion, le procédé d'extraction d'huile à trois phases influe sur la qualité d'huile obtenue, mais le degré d'influence reste à déterminer tout en prenant en compte les conditions de récolte et de stockage avant transformation et le conditionnement après trituration.

Mots clés : Olive, Trituration à trois phases, Chemlal, Caractérisation physicochimique, Antioxydants.

Abstract :

This study was carried out with the aim of evaluating the impact of olive trituration, by the three-phase continuous chain extraction system on the quality of the oil obtained. The olive sample comes from the region of Bejaia for the olive oil company 2018-2019. The three samples analyzed are olive oil (cold extraction), olive paste oil which has undergone grinding and mixing, and the final oil obtained at the end of the crushing process. Physicochemical characterization, pigment dosing, phenolic compounds and antioxidant activity were performed. According to the IOC 2009, the results of the quality indices reveal that olive oil is a virgin olive oil, while the final oil and oil are common virgin oils. The peroxide value and extinction at 232 and 270 nm indicate signs of oxidation. For the polyphenols a clear reduction between the starting sample and the final oil was recorded (variant contents of 122.05 to 59.02 mg EAG / Kg). The reducing power and the DPPH test show a decrease as the As a result, the three-phase oil extraction process influences the quality of the oil obtained, but the degree of influence remains to be determined while the olive oil undergoes changes throughout the crushing chain. taking into account the conditions of harvesting and storage before processing and packaging after crushing.

Keywords: Olive, Three-phase trituration, Chemlal, Physicochemical cartilage, Antioxidants.