REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologique

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du : Diplôme Master académique en Biologie

Spécialité : Biologie

Option: Oléiculture et Oléotechnie

Thème

Contributions à l'évaluation de la qualité de l'huile d'olive produit au niveau de trois régions de la willaya de Tizi- Ouzou (Ouaguenoun, Makouda, Iboudraren) de campagne oléicole 2014-2015

Proposé et dirigé par:
Mr KOURABA K.

Réalisé par:
Melle LEBDIRI Dahbia
Melle BERKANI Souhila

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

Président: Mr DOUFENE H.	**Maitre assistant à l'UMMTO**
Examinateurs: Mr BENGANA M.	**Maitre assistant à l'UMMTO**
Mr SADOUDI R	**Maitres de conférences B à l'UMMTO**

Promotion 2014-2015

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos reconnaissances et nos sincères gratitudes à tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à sa réalisation.

Nos profondes reconnaissances s'adressent particulièrement à notre promoteur M^r^ ***KOURABA K.*** pour son aide, ses conseils qu'il nous a prodigué tout au long de ce travail et pour sa disponibilité.

Nous remercions M^r^ ***DOUFENE H.*** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury

Nos reconnaissances s'adressent à M^r^ ***BENGANA*** **M**. d'avoir accepté d'examiner notre mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à M^r^ ***SADOUDI*** **R**. pour sa disponibilité et tous les efforts qu'il a fournis à notre égard.

On tient à remercier le personnel du laboratoire de chimie et ceux de l'INA d'El-harrach.

Nos remerciements s'adressent également au personnel du laboratoire commun I et II de UMMTO.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes précieux parents pour leurs exprimer tout le respect et l'amour que j'ai pour eux et pour leurs témoigner ma reconnaissance pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris de me voir devenir ce que je suis.

A ma chérie nièce Sérine

A mes deux chers frères mohouche et Menouar.

A ma sœur Sabrina et son marié Mustapha

A ma sœur Rachida

Ames grandes parents

A toutes mes oncles et la famille Ziane

Toutes mes amies : Fatma, Nassima, Wahiba et a tous mes aimées et toute les personnes qui me connaissent.

Spéciale dédicace à la spécialité oléiculture M2.

A mes chers professeurs

A ma binôme Souhila et tout sa famille

Tous ceux qui m'ont aidé.

Lebdiri dahbia

Je dédie ce modeste travail à :

Mon adorable fils Rayan

Mes chers parents pour leurs exprimer tout le respect et l'amour que j'ai pour eux et pour leurs témoigner ma reconnaissance pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris de me voir devenir ce que je suis.

A mon très cher mari Smail

A mes deux chers frères Lotfi et mon ange Mehdi.

A mes sœurs Faiza et Danielle.

Ames grandes parents et toute la famille BERKANI.

A toute ma belle familles : CHALLAL

A toutes mes amies.

Spéciale dédicace à la spécialité oléiculture M2.

A mes chers professeurs

A ma binôme Dahbia et toute sa famille

Tous ceux qui m'ont aidé.

BERKANI Souhila

Liste des abréviations

A (%) : Acidité libre en pourcentage**.**
AFIDOL : Association Française Interprofessionnelle de l'Olive.
AFNOR : Association Française de Normalisation.
AG : Acide gras.
AGL : Acide gras libre.
AGMI : Acides Gras Mono-Insaturés.
AGPI : Acides Gras Poly -insaturés.
AGI : Acide Gras Insaturés.
°C : degré Celsius.
CE : Communauté Européenne.
cm : centimètre.
COI : Conseil Oléicole International.
CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse.
DSA : direction de service agricole
E : Extinction spécifique.
Echant : Echantillon.
h : heure.
H (%) : Humidité en pourcentage.
ha : hectare.
HDL: High Density Lipoprotein.
hl: hectoliter .
HOVC: huile olive vierge courante
HOVL: huile d'olive vierge lampante
INA: Institut national Agriculture
ISO : International Standard Organisation.
g : gramme.
K_{232}: Coefficient d'extinction spécifique à 232nm.
K_{270} : Coefficient d'extinction spécifique à 270nm.
kg : kilograms.
l:litre.
LDL: Low Density Lipoprotein.
MADR : ministre agriculture de développement rurale
Max: Maximum.
meq: milliéquivalent.
Min : Minimum.
mg : milligramme.
ml : millilitre.
mm : millimètre.
Moy ± E : Moyenne ± Ecarte type.
N : Normalité.
NF : Norme Française.
nm : nanomètre.
OFAA : Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires
PNDA : Plan nationale de développement agricole.
ppm: partie par million.
ql : quintal.
t: tonne
UV : Ultra-Violet.
UMMTO : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Evolution des superficies et productions oléicoles durant les trois dernières compagnes de la wilaya de Tizi-Ouzou 08

Tableau 02 : La composition physique de différente fraction de l'olive 09

Tableau 03: Composition chimique des fractions d'olive exprimée en % par rapport au poids de chaque compartiment 10

Tableau 04: Composition de l'huile d'olive en acide gras 16

Tableau 05: Composition de l'huile d'olive en triglycéride 16

Tableau 06: Caractéristique physiquo-chimique de l'huile d'olive vierge 18

Tableau 07: Critères de qualité de l'huile d'olive 19

Tableau 08: Les teneurs min et max et moyenne en eau des échantillons analysés 41

Tableau 09: Les valeurs min, max d'extinction à 232nm des échantillons analysés 42

Tableau 10: Les valeurs min, max d'extinction à 270nm des échantillons analysés 44

Tableau 11: Taux d'acidité des échantillons d'huile d'olives analysés 45

Tableau 12: Valeurs de l'indice de peroxyde des échantillons d'huile analysés 47

Tableau 13: Valeurs de l'indice de saponification des échantillons d'huile analysés 49

Tableau 14: Teneur en chlorophylles des échantillons d'huile analysés (ppm) 51

Tableau 15: Teneur en caroténoïde des échantillons d'huile analysés (ppm) 52

Tableau 16: Teneur en composés phénoliques des échantillons d'huile analysés (ppm) 54

Tableau 17: Composition en acide gras des huiles d'olive analysés 56

Tableau 18 : Classification des huiles d'olives analysés 58

LISTE DES FIGURES

Figure1 : Olivier 04

Figure 2:Répartition de surface oléicole en Algérie..... 06

Figure 3: Evolution des superficies et productions oléicoles en Algérie 06

Figure 4: Evolution de la production nationale d'olivier (qx) 07

Figure 5: Evolution de la production de la production nationale de l'huile d'olive (hl) 07

Figure 6: Les différentes parties de l'olive 09

Figure 7: Classification de l'huile d'olive selon la dénomination et définitions établies par le COI 14

Figure 8: Olive verte 25

Figure 9: Olive mur noire 26

Figure 10: Olive ramassé au sol 27

Figure 11: Gaulage des olives 27

Figure 12:Peignages des branches fruitières 28

Figure 13: Stockages des olives dans des sacs 29

Figure 14: Stockages des olives dans des caisses 29

Figure 15: Situation géographique des régions d'étude..... 32

Figure 16: Valeurs moyenne du teneur en eau et en matières volatile des huiles d'olive échantillonnées 41

Figure 17: Valeurs moyenne de l'extinction spécifique à 232nm des huiles d'olive échantillonnées 43

Figure 18: Valeurs moyenne de l'extinction spécifique à 270nm des huiles d'olive échantillonnées 44

Figure 19: Valeurs moyennes de l'acidité libre des huiles analysées 46

Figure 20: Valeur moyenne de l'indice de peroxydes des échantillons analysés (meqO_2/Kg) . 48

Figure 21: Valeur de l'indice saponification (mg/g) des échantillons analysés 50

Figure 22: Teneur moyenne en chlorophylles des échantillons d'huile analysés (ppm) 51

Figure 23: Teneur moyenne en caroténoïde des échantillons analysés (ppm) 53

Figure 24: Valeurs moyenne en polyphénols (ppm) des échantillons analysés 55

Sommaire

Introduction

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : l'olivier et l'oléiculture

I.1. Généralité sur l'olivier 03

1.2. Historique 03

1.3. Définition de l'olivier 04

1.4. Classification botanique 05

1.5. Oléiculteur en Algérie 05

1.5.1. Le potentiel productif oléicole 05

1.5.1.1. Superficies oléicoles 05

1.5.1.2. Evolution des superficies oléicole en Algérie 06

1.5.1.3. La production en olives et l'huile d'olive en Algérie..... 06

1.6. Les principales variétés d'oliviers qui existent en Algérie 07

1.7. L'oléiculteur à Tizi-Ouzou 08

Chapitre II: Olive et l'huile d'olive

1. Olive 09

2. Technologie d'extraction de l'huile d'olive 10

2.1. Opération préliminaire 10

2.2. Broyage 10

2.3. Malaxage 10

2.4. Extraction de l'huile d'olive 11

2.4.1. Système discontinu d'extraction par presse 11

2.4.2. Système d'extraction continu avec centrifugation à trois phases 11

2.4.3. Système d'extraction continu avec centrifugation à deux phases 11

3. L'huile d'olive et l'huile de grignons d'olives 11

3.1. L'huile d'olive 12

3.2. Huile de grignon d'olive 13

II.4.Composition chimique de l'huile d'olive 14

4.1. Fraction saponifiable 14

4.1.1. Acide gras 15

4.1.2. Triglycérides 16

4.2. Fraction insaponifiable 16

4.2.1. Stérols 16

4.2.2. Dialcools triterpéniques 17

4.2.3. Composés phénolique 17

4.2.4. Tocophérols 17

4.2.5. Hydrocarbures 17

4.2.6. Les pigment colorants 17

II .5. La qualité de l'huile d'olive 17

II.6. Critères de qualité 19

II.7. Les bienfaits de l'huile d'olive 20

7.1. Prévention des maladies cardiovasculaires 20

7.2. L'huile d'olive et le cancer 20

7.3. L'huile d'olive et le diabète 20

7.4. Autres effets de l'huile d'olive 21

III. Les facteurs qui influent sur la qualité de l'huile d'olive 22

III.1. Facteurs pédoclimatiques et agronomiques 22

1.1. Effet du climat 22

1.2. Effet de l'altitude 22

1.3. Facteur pédologique 22

1.4. Incidences des ravageurs et des maladies 22

1.5. Effet de la variété 22

III.2. Soins culturaux 23

2.1. Effets de l'entretien du sol 23

2.2. Effet de la fertilisation 23

2. 3. Effet de la taille 24

2.4. Effet de l'irrigation24

2.5. Effets du contrôle phytosanitaire 24

III.3. Effets technologiques 24

3.1. Les techniques de récolte 24

3.2. Moyen de transport des olives 28

3.3. Stockage des olives 29

3.4. Systèmes d'extraction 29

3.5. Conservation de l'huile d'olive 30

3.6. Conditionnement et emballage 30

3.7. Condition de stockage 30

Deuxième partie : partie expérimentale

I. Matériels et méthode :

1. Présentation des sites expérimentaux 32

2. Echantillonnage 33

3. Méthodes d'analyse 34

3.1. Analyses physiques 34
3.1.1. Teneur en eau et matières 34
3.1.2. Détermination de l'absorbance en ultraviolet 35
3.2. Analyse chimique 36
3.2.1. Acidité 36
3.2.2. Indice de peroxyde 36
3.2.3. Indice de saponification 37
3.2.4. Détermination de la teneur en composés phénoliques 38
3.2.5. Détermination de la chlorophylle 38
3.2.6. Détermination de caroténoïdes 39
3.2.7. Composition en acides gras 39
4. Analyse statistique 40

II. **Résultats et discussion**

1. Analyses physiques 41
1.1. Teneur en eau et matières volatiles 41
1.2. L'absorbance spécifique dans l'ultraviolet 232nm et 270nm 42
2. Analyse chimique 45
2.1. Acidité 45
2.2. Indice de peroxyde 47
2.3. Indice de saponification 49
2.4. Détermination de la chlorophylle 51
2.5. Détermination des caroténoïdes 52
2.6. Détermination de la teneur en composés phénoliques 54
2.7. Composition en acides gras 57
3. Classification des huiles analysées 59

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Ce présent travail a été entrepris dans le but de caractériser les huiles d'olives de trois régions de la willaya de Tizi-Ouzou à savoir : Makouda, Ouaguenoun et Iboudraren, par des procédés physico-chimiques. L'étude expérimentale a porté sur l'analyse de neufs (09) échantillons d'huiles d'olives obtenus aux niveaux de trois huileries modernes durant les mois de décembre, janvier et février de la campagne oléicole 2014/2015.

Les échantillons ont fait l'objet des analyses suivantes : la teneur en eau, les valeurs standards d'absorption en UV, l'acidité libre, l'indice de peroxyde, l'indice de saponification, la teneur en chlorophylle et en caroténoïdes, la teneur en composés phénoliques et la composition en acides gras.

Les résultats obtenus ont permis de classer 11,11% des échantillons dans la catégorie de l'huile d'olive vierge et 44,44% des échantillons dans la catégorie des huiles d'olives vierges courantes et 44,44% des échantillons dans la catégorie des huiles vierges lampantes, conformément aux normes commerciales fixées par le Conseil Oléicole International.

Ces huiles sont caractérisées par des teneurs très faibles en composés phénoliques et en pigment chlorophylliens et en caroténoïdes.

La qualité de ces huiles a été influencée par plusieurs facteurs notamment la date de récolte, les conditions de stockage et la date de trituration des olives.

Il ressort de notre étude, que les huiles de la région de Makouda récupérées durant le mois de Janvier s'avèrent de meilleurs qualités (vierge et vierge courante) conformément aux normes du COI.

Mots clés : huile d'olive, qualité, analyses physico-chimiques, caractérisation, normes.

Abstract:

The present study was undertaken to characterize olive oils from three regions of the wilaya of Tizi-Ouzou namely: Makouda, Ouaguenoun and Iboudraren by physico-chemical processes. The experimental study involved the analysis of nine (09) samples of olive oils obtained at levels of three modern oil mills during the months of December, January and February of 2014/2015 olive crop.

The samples were subjected to the following tests: the water content, the standard values of absorption of UV, free acidity, peroxide value, saponification value, the content of chlorophyll and carotenoids, the content of phenolic compounds and fatty acid composition.

The results obtained allowed to classify 11.11% of the samples in the category of virgin olive oil and 44.44% of the samples in the routine category of virgin olive oils and 44.44% of the samples in the category of lampante virgin oil, according to trading standards set by the International Olive Oil Council.

These oils are characterized by very low contents of phenol compounds and chlorophyll and carotenoid pigment.

The quality of these oils was influenced by several factors including the date of collection, storage conditions and the olives trituration date.

It appears from our study that the oils of the region Makouda recovered during the month of January are proving better qualities (virgin and ordinary virgin) in accordance with IOC standards.

Keywords: olive oil, quality, physico-chemical analysis, characterization standards.

Introduction

L'huile d'olive est un élément clé du régime méditerranéen très présent dans l'alimentation des pays méditerranéens et préconisée par de nombreux diététiciens, elle a acquis une place essentielle dans la recherche sur ses propriétés médicinales et cosmétiques. Elle est l'une des huiles végétales les plus anciennes et la seule qui peut être consommée sous sa forme brute sans traitement préalable **(Boskou, 1996**).

Toutes les études démontrent que les régimes alimentaires à base d'huile d'olive sont bénéfiques pour la santé humaine en diminuant le risque des maladies cardiovasculaires.

La qualité de l'huile d'olive vierge peut être perçue comme une chaine débutant au moment de la plantation d'une variété donnée d'olivier, en passant par les techniques de productions des olives et de distribution de l'huile jusqu'à son arrivée au niveau du consommateur.

L'aspect qualité est essentiel pour permettre à l'huile d'olive de rivaliser avec les autres huiles végétales et de s'imposer sur le marché mondial des lipides végétaux.

La forte demande en huile d'olive vierge de bonne qualité est due non seulement à ses vertus de santé mais également à ses propriétés organoleptiques (**Luaces *et al*. 2003**).

De nombreuses recherches ont été faites pour en garantir la pureté, l'authenticité et la qualité de l'huile. **Kler (1992),** a observé en premier l'influence de la variété, de la région de culture et des conditions climatiques sur la composition et les caractéristiques.

La production de l'huile d'olive est influencée par des facteurs climatiques, génétiques et agronomiques et par leurs interactions. Des travaux récents ont montré que les facteurs climatiques tels que la température et les précipitations ont un effet sur le comportement physiologique de l'olivier et par conséquent sur les caractéristiques chimiques de l'huile. **Aparicio *et al*. (1994) ; Pannelli *et al*. (1994) ; Ryan *et al*. (1998),** signalent que la composition chimique de l'huile d'olive vierge est influencée par des facteurs génétiques (cultivar) et environnementaux (caractéristiques édaphologiques et conditions climatologiques), de sorte que l'olive produite dans une région soit en grande partie responsable des caractéristiques spécifiques d'huile d'olives (**Mousa *et al.* 1996 ; Criado *et al*. 2004 ; Issaoui *et al*. 2007**).

Sacchi *et al*. (1998) et Ranalli *et al*. (1999), indiquent que la qualité de l'huile d'olive vierge est affectée par plusieurs facteurs, tells que les techniques agronomiques, les conditions saisonnières, l'état des drupes, le stade de maturation des olives, des techniques de récolte, des conditions et de la durée de stockage, ainsi que des techniques de transformation.

Notre étude consiste en une étude expérimentale des caractéristiques physico-chimiques des huiles d'olives produites dans trois régions de la willaya de Tizi-Ouzou pendant la compagne oléicole 2014-2015 à savoir : Makouda, Ouaguenoun et Iboudraren.

1. Généralité sur l'olivier

1.2. Historique

L'olivier et l'huile d'olive font partie intégrante de l'histoire du bassin méditerranéen et on les retrouve au fil des siècles à travers différents mythes et croyances. C'est notamment le cas dans la mythologie grecque où Athéna devint protectrice d'Athènes au dépens de Poséidon après avoir offert à la ville d'Athènes «un olivier ». Le bois d'olivier servira ensuite pour les gravures de divinités grecques et sera le bois utilisé pour la fabrication de la massue d'Hercule.

Les premiers vainqueurs des jeux olympiques se voyaient remettre des rameaux d'olivier et des jarres d'huile d'olive en récompense de leurs performances. De tout temps l'olivier a été associé à des vertus telles que la sagesse, la paix, la victoire, la richesse et la fidélité. (**Besnard. G et al., 2005).**

Selon la légende, c'est Isis, femme d'Osiris, mère d'Horus, qui aurait enseigné aux égyptiens la technique de l'extraction de l'huile.

Selon **De Barry N,(1999)** indiquent que les pays méditerranéen furent les premiers foyers de l'olivier sauvage (***Olea europea***) .Les fouilles syriennes de l'ancien port d'Ougarit ont permis de trouver de grandes quantités d'amphores d'huiles destinées probablement aux échanges méditerranéen.

Depuis l'antiquité, l'olivier a toujours été un symbole de paix, de prospérité, de sagesse et d'abondance. Etant l'arbre sacré, il était interdit de le couper .Cultivé depuis l'antiquité, associé a diverses civilisations, l'olivier constitue de nos jours le trait d'union entre les pays méditerranéen

Dans la religion islamique, le Coran parle de « cet arbre sacré », et produit de l'huile et un condiment (Sourate XXII « les croyants, verset 20 ») et Sourate XXIV « la lumière, verset 35 »).

L'origine mythologique de l'olivier fait toujours de cet arbre un don de dieu. D'après (**Besnard G., 2005)** l''origine de l'olivier reste toujours incertaine, mais la thèse la plus fréquemment retenue désigne la Syrie et l'Iran comme lieux d'origine.

Il est généralement admis que le berceau de l'olivier fut l'Asie mineure et aussi la Grèce, les Cyclades et les Sporades.

Au troisième millénaire avant le Christ, il est cultivé en Syrie, en Palestine, puis au gré des conquêtes et de l'expansion commerciale, on le retrouve en Sicile, Italie, Tunisie, Algérie au Maroc et dans le midi de la France.

Selon le Conseil Oléicole Internationale (**COI., 1998**), on découvrit en 1957 dans la zone montagneuse du Sahara Central (Tassili dans le Hoggar en Algérie) , des peinture rupestres réalisées au IIe millénaire avant J .C avec des hommes couronnés de branches d'olivier témoignant ainsi de la connaissance de cet arbre au cours de ces époques anciennes.

1.3.Définition

L'olivier, arbre à feuillage persistant, livré à lui même l'olivier présent une cime arrondie avec des rameaux étalés très nombreux, enchevêtres les uns dans les autres, plus ou moins épineux ou internes, dimensions et forme varient avec les conditions climatiques, l'exposition, la fertilité du sol et les variétés **(ARGENSON et al, 1999).**

C'est un arbre polymorphe de taille moyenne (10 m maximum avec un tronc strié en canal, des feuilles coriaces fusiforme (environ 5 à 6 cm de longueur et 1 à1, 5 cm d'ampleur) de couleur vert grisâtre qui ont des marges lisses et un pédoncule courte (**COI**).

L'olivier occupe la 24 e place des 35 espèces les plus cultivées dans le monde. La diversité phénologique des cultivars est remarquable est l'intérêt économique de l'espèce est majeur.

Figure 01: Olivier (Photo originale).

1.4. Classification

L'olivier appartient à la famille des oléacées qui compte parmi elle une vingtaine de genres différents. L'olivier est du genre *Olea* qui comprend une huitaine d'espèces dont l'*Olea Europaea*. Celle – ci se divise en deux sous – espèces :

- Olea Europaea sylvestris ou oléastre c'est - à-dire sauvage.
- *Olea Europaea sativa* ou olivier cultivé.

1.5. L'oléiculteur en Algérie

L'Algérie vient en 8^{éme} position au niveau méditerranéen et troisième pays africain producteur de l'huile d'olive **(COI, 2013).**

L'olivier occupe la première place avant le figuier, le dattier et les agrumes avec une superficie de 383443 ha soit 44,05% de la superficie arboricole totale **(MADR, 2014)** cette surface est répartie notamment sur trois zones oléicoles : centre, est et ouest du pays.

Il s'agit des vergers extensifs occupant les zones de montagne à forte déclivité, se qui rend difficile l'entretien des arbres et la modernisation de la filière, et des vergers intensifs en zone de plaines où les possibilités d'entretien des arbres et la mécanisation sont favorables.

Le parc huilier national est dominé par les huileries dites traditionnelles, la technologie moderne de transformation (système dit continu) prend de plus en plus de l'importance dans ce parc huilier surtout depuis l'avènement du PNDA en 2000 qui facilité aux oléiculteurs l'acquisition de ce nouveau matériel.

Le parc de transformation se présente comme suit (**ONFAA ,2014**):

- 55% en huileries traditionnelles.
- 21% en huileries super presses.
- 23% en huileries chaines continues.

1.5.1. Le potentiel productif oléicole

1.5.1.1. Superficies oléicoles

La répartition géographique des vergers oléicoles sont concentre dans la région Centre de pays (Bejajia, Tizi-Ouzou, Bouira, Boumerdas) qui occupe 33% des superficies oléicoles du pays, en deuxième position arrive la région Est (B.B.Arreridj, Setif, Jijel) avec 20%. La région Ouest (S.B.Abbes, Maskara, Relizane) représente 13%.

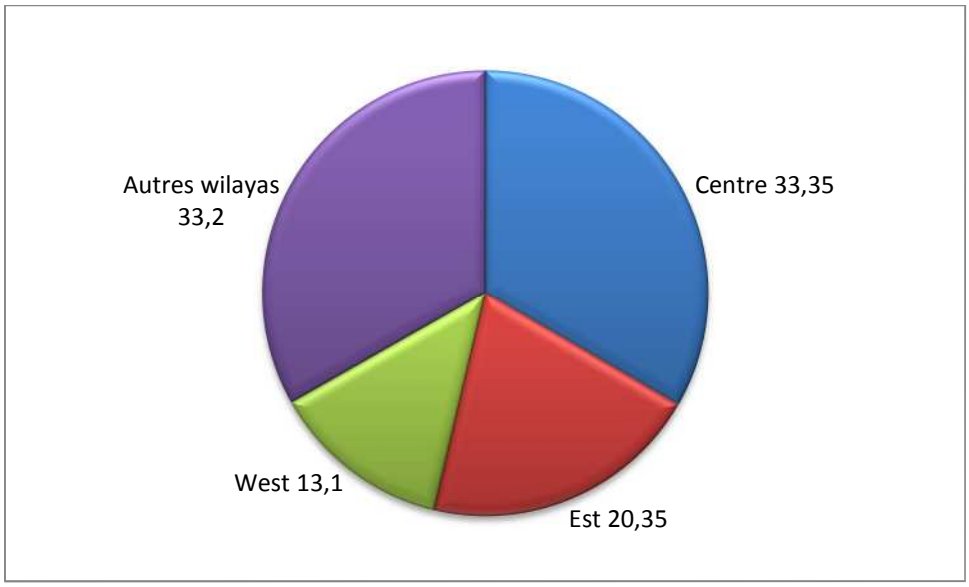


Figure02 : Répartition de la surface oléicole en Algérie, (M,A,D,R .2014).

En Algérie, la plupart des oliveraies sont situées dans les zones montagneuses prés de (80%), sur des terrains accidentés et marginaux, peu fertiles et caractérisés par une pluviométrie moyenne comprise entre 400 et 900mm/an, le reste est localisé dans les plaines occidentales du pays (20%) à Mascara, Sig et Relizane.

1.5.1.2. Evolution des superficies oléicole en Algérie

L'Algérie fait partie des pays méditerranéens dont le climat est l'un des plus propices à la culture de l'olivier (MADR, 2014).

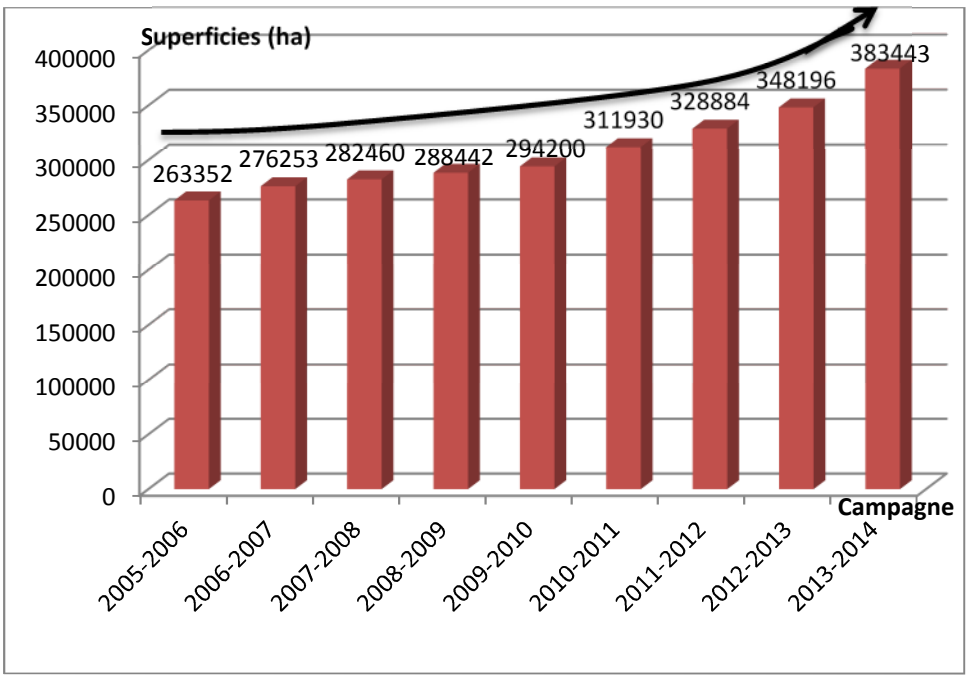


Figure 03 : Evolution des superficies et productions oléicoles en Algérie (MADR,2014).

Les superficies oléicoles connaissent une évolution croissante durant les dix dernières compagnes, cette évolution des superficies est le résultat de l'application de PNDA à partir de 2000 qui a accordé de l'intérêt à la filière huile d'olives.

I.4.1.3.La production en olives a (huile + olive de table) et l'huile d'olive en Algérie

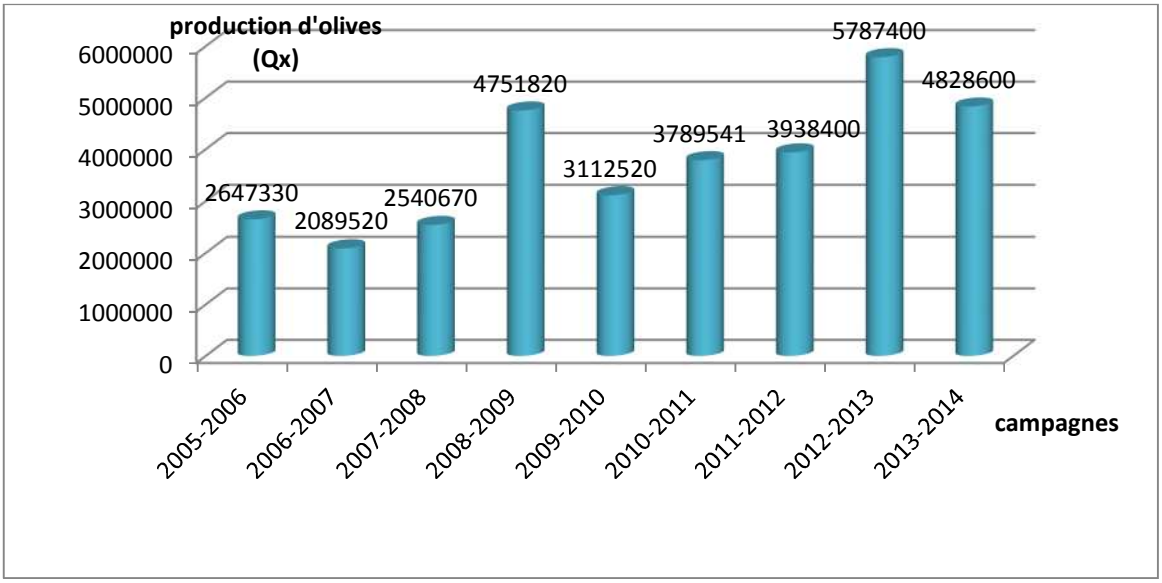


Figure 04: Evolution de la production nationale d'olive (Qx). (M.A.D.R.2014).

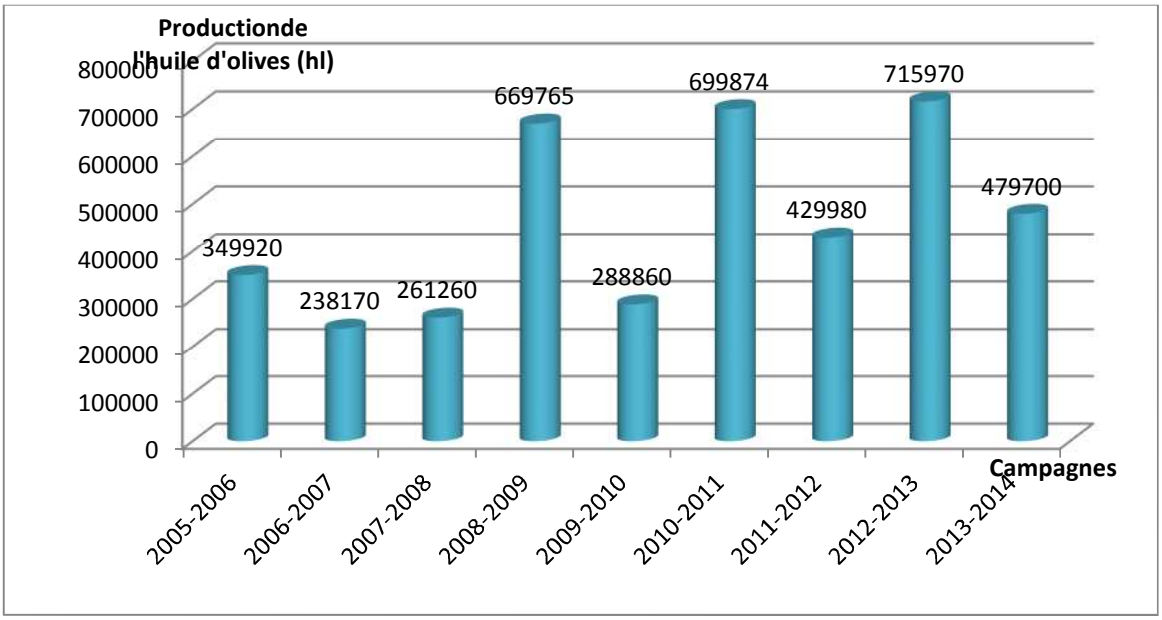


Figure 05 : Evolution de la production nationale de l'huile d'olive (hl). (M.A.D.R.2014).

Les productions obtenues en olives et en huile ne sont pas toujours proportionnelles à l'évolution des superficies cette situation est dûe aux fluctuations des rendements obtenus vu la phénomène d'alternance de l'olivier, utilisation de gaulage lors de la récolte, facteurs climatiques, absence de l'entretien des vergers.

1.6. Les variétés d'oliveraies Algériennes

Les principales variétés nationales sont les suivantes :

- **Chemlal :** C'est la variété le plus dominante en Kabylie, elle constitue 50% du verger oléicole Algérien. Les fruits issus de cette variété, ont une teneur en huile de l'ordre de (8 à 22%).
- **Sigoise :** elle est cultivée surtout dans l'ouest du pays, elle constitue 20% des oliviers en Algérie.
- **Limli** : elle concentrée sur les versants montagneux de la basse vallée de la soummam jusqu'à la mer.
- **Azeradj :** elles accompagnent généralement les peuplements de chemlal dont Azeradj améliore la pollinisation de cette dernière. La teneur en huile varie de (15 à 20%).

1.7. L'oléiculteur en Tizi-Ouzou

La wilaya de Tizi-Ouzou est le deuxième producteur de l'huile d'olive en Algérie après Bejaia, c'est ainsi qu'elle occupe une superficie de 35176 ha soit 9,17% de la superficie nationale (MADR 2015).

Tableau 01 : Evolution des superficies et productions oléicoles durant les trois dernières compagnes est comme suit selon la DSA de Tizi-Ouzou (2015).

Compagnes	superficies totales (ha)	Superficies en rapport (ha)	production olive (Qx)	Rendement olive (Qx/ha)	Production huile (hl)	Rendement huile (l/Qx)
2012-2013	33722	28400	506637	18	90355	18
2013-2014	34315	28621	288000	10	49000	17
2014-2015	35176	29405	382457	13	75862	20

Alternance de la productivité en olive et en rendement en olive cette l'irrégularité s'explique principalement par l'absence de l'entretien des verges (labour, fertilisation, irrigation, taille, traitement phytosanitaire) accentuée par l'action du gaulage.

II. Olive et l'huile d'olive

1.Olive

Du point de vue botanique, le fruit d'olive est classé comme une drupe (fruit charnu à noyau). Les différentes parties de l'olive sont l'épicarpe ou peau, le mésocarpe ou chair, et l'endocarpe ou noyau qui se compose d'une coque ligneuse renfermant un ou, rarement, deux graines.

Au cours de leur développement, les olives changent de taille, de composition de couleur, de texteur, de saveur et de sensibilité aux agents pathogène.

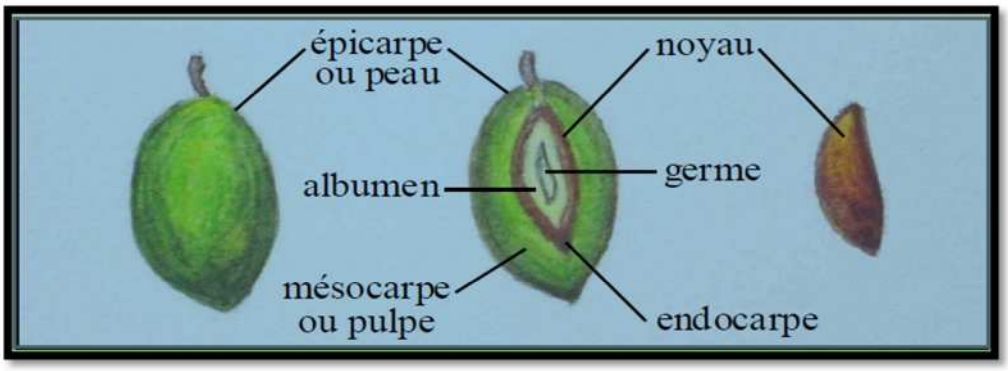


Figure 06: Les différentes parties de l'olive

Composition physique de l'olive.

Tableau 02 : La composition physique de différente fraction de l'olive.

La partie d'olive	Le pourcentage
Epicarpe	2,0 – 2,5
Mésocarpe	71,5 – 80,5
Endocarpe	17,3 – 23,0
Amandon	2,0 – 5,5

Tableau 03: composition chimique des fractions de l'olive exprimée en % par rapport au poids de chaque compartiment.

Les parties de l'olive / Les composés chimiques	Mésocarpe	Endocarpe	Amande
Eau	50 - 60	9,3	30
Triglycéride (Huile)	15 - 30	0,7	27,3
Matière azotée	2 - 5	3,4	10,3
Glucides	3 -7,5	41	26,6
Cellulose	3 - 6	38	1,9
Sels minéraux	1 - 2	4,1	1,5
Composée phénolique	2 - 2,5	0,1	0,5 - 1
Autres composée (Acides organique, tanins, pigment)	/	3,4	2,4

2. Technologie d'extraction de l'huile d'olive

2.1. Opération préliminaire

- **Nettoyage et préparation des olives**

Ces opérations consistent en l'effeuillage des olives qui se fait généralement par tamisage (tamis rotatif, tamis vibrants), suivi par lavage (à l'eau froide) afin d'éliminer les matières étrangères.

2.2. Broyage

Le broyage consiste à la dilacération des tissus des olives afin de libérer la plus part des gouttelettes d'huile contenues dans les cellules. Selon le COI, la durée de broyage ne doit pas dépasser 20 à30 minutes sinon la pâte deviendrait trop fine et le rendement d'extraction s'en trouverait alors réduit.

2.3. Malaxage

Le malaxage à pour but d'homogénéiser la pâte d'olive et de libérer le maximum d'huile en brisant les vacuoles qui sont restées entières durant la phase précédente et

d'amasser les gouttelettes d'huile en gouttes plus grosses. Les conditions idéales de malaxage sont de 30 à 40 minutes à une température28- 30°C.

2.4. Extraction de l'huile d'olive

L'extraction de l'huile d'olive se fait par pression ou bien par un système de centrifugation**.**

2.4.1. Système discontinu d'extraction par presse

La pâte issue du broyage est déposée sur les scourtins, à raison de 3 à 5 kg/scourtin, l'application de la pression sur la charge des scourtins doit être réalisée de manière progressive.

2.4.2. Système d'extraction continu avec centrifugation à trois phases

Selon **Ben Hassine (2009),** les trois phases sont : l'huile, les margines et le grignon. L'introduction de ce système permet de réduire les coûts de la transformation et la durée de stockage des olives, avec comme conséquence, une production oléicole de moindre acidité. Le système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases est représenté par En effet, l'huile extraite se trouve appauvrie des composés aromatiques et des composés phénoliques suite aux apports élevés en eaux chaudes (40 à 60 C°) à la pâte. Donc une résistance plus faible à l'oxydation.

2.4.3. Système d'extraction continu avec centrifugation à deux phases

Le procédé technologique d'extraction de l'huile d'olive fonctionne avec un nouveau décanteur avec centrifugation à deux phases (huile et grignon), qui nécessite pas l'ajout d'eau pour séparer la phase huileuse de la phase solide contenant le grignon et les margines.

Les avantages de ce système sont :

- Le rendement en huile légèrement plus élevé que les autres.

- Le décanteur à deux phases permet d'obtenir une huile riche en polyphénols.

- Ce système est plus respectueux de l'environnement car il ne procède pas à l'augmentation du volume des effluents liquides (margine).

3. L'huile d'olive et l'huile de grignons d'olives

3.1. L'huile d'olive

C'est l'huile provenant uniquement du fruit de l'olivier (*olea europeae L.*) à l'exclusion des huiles obtenues par des procèdes de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autres nature.

L'huile d'olive est commercialisée selon la dénomination établies par le COI. Sa classification est fonction des évaluations chimiques et organoleptiques, mais aussi en fonction des méthodes d'extraction employées. On distingue :

3.1.1. Les huiles d'olives vierges

Sont les huiles obtenues du fruit de l'olivier uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions thermiques notamment, qui n'entrainent pas d'altération de l'huile et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration.

- **Les huiles d'olives vierges propres à la consommation en l'état comportent**

a) l'huile d'olives vierge extra

Huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,8 gramme pour 100 gramme.

b) L'huile d'olive vierge

Huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 2 grammes.

c) Huile d'olive vierge courante

Huile d'olive dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 3,3 grammes.

- **Huile d'olive vierge non propre à la consommation en l'état**

Dénommée l'huile d'olive vierge lampante est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est supérieure à 3,3 grammes. Elle est destinée aux industries du raffinage ou à des usages techniques.

3.1 .2. L'huile d'olive raffinée

Est l'huile d'olive obtenue des huiles d'olives vierges par des techniques de raffinage qui n'entrainent pas de modification de la structure glycéridique initiale. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,3 grammes pour 100 grammes.

3.1.3. L'huile d'olive

Est l'huile constituée par le coupage d'huile d'olive raffinée et d'huile d'olive vierges propre à la consommation en l'état. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 1 gramme pour 100 grammes.

3.2. Huile de grignon d'olive

Est l'huile obtenue par traitement aux solvants ou d'autres procédés physiques**,** des grignons d'olive, à l'exclusion des huiles obtenues par des procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature. Elle est commercialisée selon les dénominations et définitions ci-après :

3 .2.1. Huile de grignons d'olives brute

Est l'huile de grignons d'olive dont les caractéristiques correspondent à celle 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.

3.2.2. L'huile de grignons d'olives

Est l'huile obtenue à partir de l'huile de grignons d'olives brute par des techniques de raffinage n'entraînant pas des modifications de la structure glycéridique initiale. Son acidité libre exprimée en acide oléique est maximum 0,3 grammes.

3.2.3. Huile de grignon d'olive

Est l'huile constituée par le coupage d'huile de grignons d'olive raffinée et l'huiles d'olives vierges propres à la consommation en l'état. Son acidité libre exprimée en acide oléique est de maximum de 1 gramme pour 100 grammes. Ce coupage ne peut, en aucun cas être dénommé « huile d'olive».

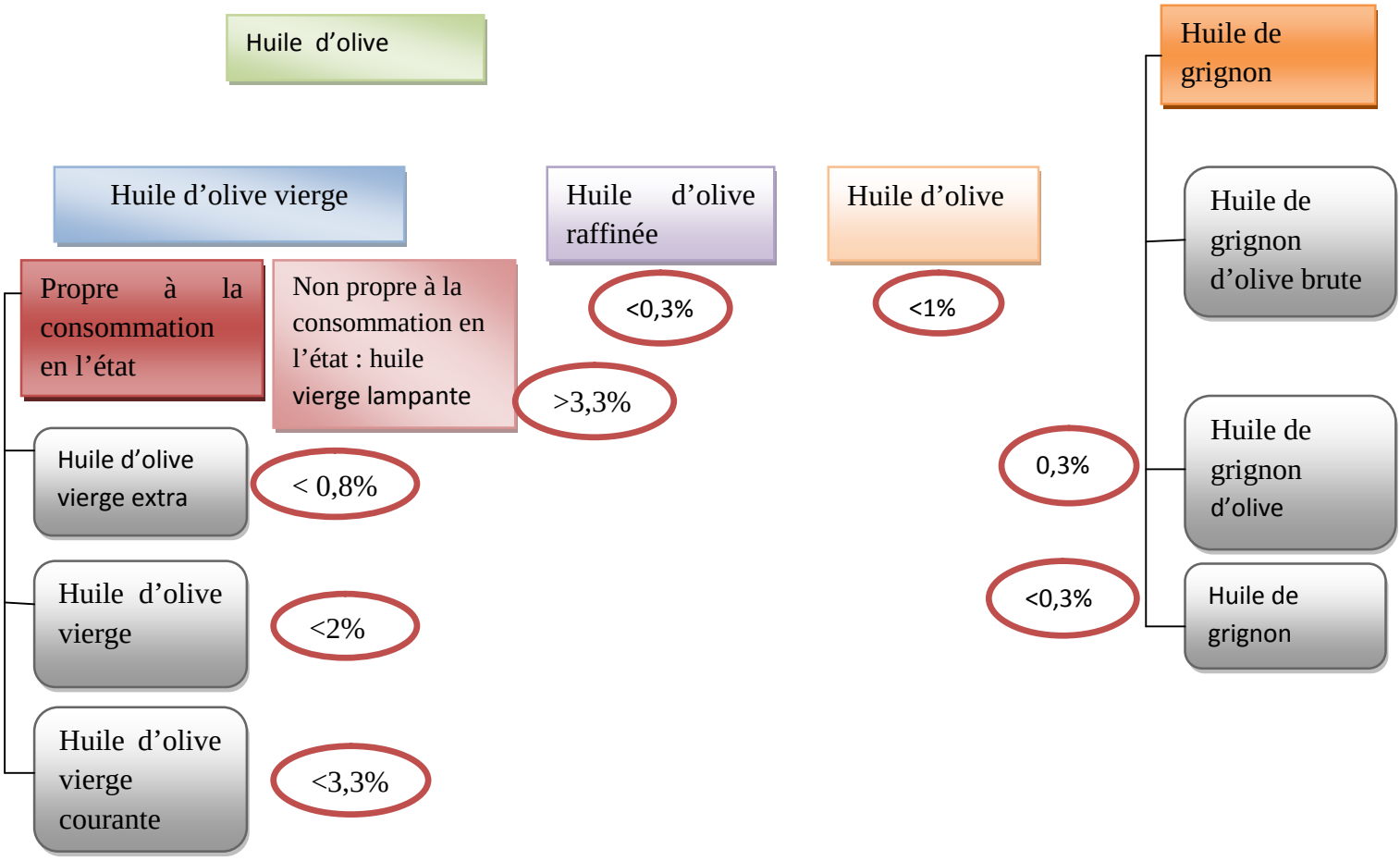


Figure07 : Classification de L'huile d'olive selon le critère d'acidité et la dénominations et définitions établis par le COI.

4. Composition chimique de l'huile d'olive

Les huiles d'olives vierges jouent un rôle important dans l'industrie agroalimentaire et sont importantes en nutrition humaine pour plusieurs raisons. En premier lieu car les lipides sont la principale source d'énergie pour le corps humaine en comparaison de leur masse. De plus intérêt pour les huiles d'olive à été accru depuis la découverte de leur richesse en vitamines liposolubles et en polyphénols qui sont des antioxydants. Elles sont également une source importante d'acide gras poly-insaturés essentiels car non synthétisables par le corps humain. Si les acides gras sont les constituants mineurs qui permettent l'authentification d'une huile, tant sur le plan de la provenance géographique que sur sa qualité physico-chimique.

4.1. Fraction saponifiable

Cette fraction représente 99% de l'huile d'olive. Elle est composée essentiellement de triglycérides et les acides gras. La composition en acides gras et triglycérides de l'huile d'olives dépend du climat, de la variété de la l'altitude et du degré de maturité des olives.

4.1.1. Acide gras

Les acides gras appartiennent à la famille des lipides. Les lipides sont caractérisés par leur insolubilité dans l'eau et la solubilité dans les solvants organiques.

L'huile d'olive vierge se compose de 72% d'acide gras mono-insaturé et de 14% d'acide gras poly-insaturé et 14% acide gras saturés. L'acide gras majoritaire est l'acide oléique qui représente à lui seule prés de 70% des acides gras.

Les acides gras sont des molécules organiques comprenant une chaîne carbonée terminée par un groupement carboxyle. Cette chaîne carbonée peut être dépourvue de toute double liaison carbone – carbone, dans ce cas les acides gras sont dits « saturés ». Elle peut également contenir une double liaison (acides gras mono-insaturés AGMI) ou plusieurs doubles liaisons (acides gras poly-insaturés AGPI).

Pour les acides gras insaturés, ils sont souvent référencés selon la position de la première double liaison par rapport au groupement méthyl terminal. Il existe deux grandes famille d'acide gras poly-insaturé : la série en n-6 (ou oméga 6) et la série n-3 (ou oméga 3).

Dans l'huile d'olive on trouve de l'acide linoléique (oméga 6) et de l'acide alpha linolénique (oméga 3). Ces acides gras sont dits « essentiels » car ils ne peuvent pas être synthétisés par l'homme et doivent donc être apportés par l'alimentation.

Dans la nature, les acides gras sont généralement sous forme de tri- esters entre des acides gras et du glycérol selon la formule :

$$\text{Glycérol} + 3\ \text{AG} \longrightarrow \text{Triacylglycérol} + 3\ H_2O$$

Dans le cas de l'huile d'olive les triacylglycérides représentent entre 98% et 99% de la masse totales. Quelques rares acides gras libres peuvent être trouvés et témoignent d'une oxydation du triester.

Les limites des teneurs en acides gras fixées par le COI sont représentées dans le tableau N°03.

Tableau 04 : Composition de l'huile d'olive en acides gras **(Conde *et al*., 2008).**

Famille de constituants	Constituants	Teneur
Acides gras (99%)		
AGS (14,8%)	Acide palmitique (C_{16} : 0) Acide palmitoléiqueque (C_{16} : 1) Acide stéarique (C_{18} : 0)	7,5-20% 0,3-3,5% 0,5-5,0%
Acide gras mono-insaturés (76,6%)	Acide oléique (C_{18} : 1) Acide arachidique (C_{20} : 0) Acide gondoïque (C_{20} : 1) Acide lignocérique (C_{24} : 0)	55-83% < 0, 7% 0,5 % < 0,5%
Acide gras poly-insaturés (8,6%)	Acide linolénique (C_{18} : 3) Acide linoléique (C_{18} : 2)	< 1,0% 3,5- 21%

4.1.2.Triglycérides

Ce sont des esters d'acides gras et du glycérol **(Touitoul , 2005).** Ils constituent 98٪ à 99٪ de l'huile d'olive **(Veillet, 2010).**

Tableau 05 : Composition de l'huile d'olive en triglycérides **(Ryan *et al*., 1998).**

Nature	% triglycérides
OOO	40-60
POO	10-20
OOL	10-20
POL	5-7
SOO	3-7

O= acide oléique. L= acide linoléique.

P= acide palmitique. S= acide stéarique.

4.2. Fraction insaponifiable

Cette fraction dans l'huile d'olive renferme un mélange complexe de composés. Elle est de 0,4 à 0,8% selon KarlesKind pour l'huile d'olive, et de 1 à 2% pour l'huile de grignon d'olive.

4.2.1. Stérols

Ils sont présents dans l'huile d'olive à raison de 98 à 184 mg /100 g, il s'agit entre autre de B- sitostérol (75 à 90%), de D- avenastérol (3 à 4%) du campestérol (2 à 4%) et de D – 7 stigmastérol (0,8%). L'huile d'olive est la seule huile végétale qui contient un taux aussi élevé de B- sitostérol lequel s'oppose à l'absorption du cholestérol alimentaire.

4.2.2. Dialcools triterpéniques

Cette fraction contient deux composés alcooliques triterpéniques pentacycliques l'erythrodiol et l'uvaol. La détermination de ces deux composés peut être utile pour la détection de l'huile de grignon dans l'huile d'olive vierge.

4.2.3. Composés phénoliques

Les composés phénoliques contribuent au gout piquant, à l'astringence et à l'amertume des huiles. Les biophénols les plus importants quantitativement sont le tyrosol et leur précurseur, l'oleuropéine (un sécoiridoide).

4.2.4. Tocophérols

La teneur totale en tocophérol dans l'huile d'olive est très variable puisqu'elle a été reportée dans une gamme allant de quelques mg à 450 mg/kg d'huile **(Boskou *et al.*, 2006)**. L'alpha-tocophérol représente à lui seul 90% de la totalité de tocophérol **(Sherwin, 1976)**, mais on trouve également un peu de beta et gamma tocophérol, alors que le delta tocophérol n'est présent qu'à l'état de traces **(Veillet, 2010).**

4.2.5. Hydrocarbures

Deux hydrocarbures sont présents en quantité importante dans l'huile d'olive, le squalène et le B- carotène.

- Squalène : représente plus de 90% des hydrocarbures.
- B- carotène (pro_ vitamine A) : mais en moindre quantité.

4.2.6. Les pigments colorants

La coulure de l'huile d'olive est le résultat des teintes vertes et jaunes en raison de la présence de chlorophylles et les caroténoïdes, respectivement.

5. La qualité de l'huile d'olive

Il ya plusieurs manières de définir la qualité et peut être n'y a t'il aucune définition universelle applicable à toutes les situations. D'une façon générale, la qualité est définie comme étant « la combinaison des attributs ou des caractéristiques d'un produit qui ont une signification en déterminant le degré d'acceptabilité de ce produit par l'utilisateur **(Gould, 1992).**

Le Conseil Oléicole International (**COI, 1992**) et le règlement de la commission Européenne (**CE2568/91 ,1991**) ont défini la qualité d'huile d'olive, basée sur les paramètres qui incluent le pourcentage d'acide gras libre, la teneur en indice de peroxyde, le coefficient de l'extinction spécifique K232 et K270, ainsi que les caractéristiques sensoriels.

a. Caractères Physico-chimiques

Les principales caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive vierge sont rassemblées dans le tableau N° 05.

Tableau 06 : Caractéristiques physico-chimique de l'huile d'olive vierge **(CE, 2002).**

Caractéristiques physico-chimiques	
Densité relative	0,910 - 0,916 (20°C/eau à 20°C)
Indice de réfraction	1,4677 - 1,4705 (n_D 20°C)
Indice de saponification	184 - 196 (mg KOH/kg d'huile)
Indice d'iode	75 - 94 g d'iode /100g d'huile
Indice de peroxyde	20 méq O2/kg d'huile
Acidité libre %	≤ 2%
Absorbance ultraviolet à 270nm	≤ 0,25nm
Absorbance ultraviolet à 232	≤ 2,60nm
Insaponifiable	15 g/kg

b.Caractères organoleptiques

Selon le **COI (2007)**, les attributs varient en fonction de la variété, du stade de maturité, de la période de récolte du fruit et de la durée de stockage des fruits.

Attributs positifs

- **Fruité:** huile dépendant du stade de récolte (verte, mûre…).
- **Amer:** huile obtenue à partir d'olives vertes.
- **Piquant:** huile produite au début de la campagne.

Attributs négatifs

- **Chômé – Lies :** huile obtenue d'olives ayant subi une fermentation anaérobie.
- **Moisi humide :** huile obtenue d'olives moisie et stockée dans des zones humides.
- **Acide – aigre :** huile provenant d'olives ayant subi une fermentation aérobie.
- **Vineux vinaigré :** huile rappelant le vinaigre.
- **Métallique :** huile qui est restée longtemps en contact avec les surfaces métalliques.
- **Rance :** huile ayant subi une oxydation.

6. Critères de qualité

La qualité est l'ensemble des caractéristiques d'une entité (ce qui peut être décrit et considéré individuellement ; produit, processus, entreprise) qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites **(COI, 2006).**

Les attributs qui déterminent la qualité de l'huile d'olive sont l'acidité libre, l'indice de peroxyde, l'absorbance dans l'ultraviolet à 232 nm et 270 nm et les caractéristiques organoleptiques **(COI, 2001).**

Les critères de qualité de l'huile d'olive sont rassemblés dans le tableau N° 06.

Tableau 07 : Critères de qualité de l'huile d'olive **(Chimi, 2006).**

Analyses physico-chimiques	**Valeur**
Acidité libre exprimée en acide oléique	≤3.3
Indice de peroxyde en meqO_2/Kg d'huile	≤20
Absorbance dans l'ultraviolet (K à 270nm)	≤0.3
ΔK	≤0.01
Caractéristiques organoleptiques	
Odeur	Irréprochable
Goût	Fruité, amer, piquant
Couleur	Claire jaune à verte
Aspect à 20°C (pendant 24 heures)	Limpide

7. Les bienfaits de l'huile d'olive

L'huile d'olive est le principal corps gras utilisé pour l'assaisonnement comme pour la cuisson. Riche en acides gras mono-insaturés, bénéfiques au système cardiovasculaire ; l'huile d'olive est également intéressante pour sa richesse en substances anti-oxydantes: vitamine E, et pigments polyphénoliques (anticholestérol et fluidifiant sanguin) **(Barnat et Damiens, 2003).**

7.1. Prévention des maladies cardiovasculaires

L'abondance de l'acide oléique, est la caractéristique qui définit l'huile d'olive en dehors des autres huiles végétales **(Benlemlih M. et Ghanam J., 2012).**

Le régime mono-insaturé réduit le cholestérol total et le cholestérol des LDL, et augmente le cholestérol des HDL **(Jacotot, 1996).** Elle réduit aussi la pression artérielle. Il semble évité la formation de caillots sanguins **(Benlemlih M. et Ghanam J., 2012).**

7.2. L'huile d'olive et le cancer

Les études épidémiologiques paraissent indiquer que l'huile d'olive aurait un effet protecteur contre le cancer **(Assmann et Wahrburg, 2003).**

La consommation de gras d'origine végétale comme l'huile d'olive, fondée sur les principes de la diète méditerranéenne, a un effet protecteur sur l'apparition des cancers (du sein en particulier, de l'estomac, du côlon et de la prostate) **(Tamburelli, 2013).**

L'huile d'olive est riche en antioxydants, comme les polyphénols, et en particulier, l'hydroxytyrosol et le tyrosol. Ils permettent de prévenir et de traiter les cancers et le vieillissement des cellules. Ils sont antimicrobiens et jouent aussi un rôle important dans le renforcement du système immunitaire et la protection de certains tissus et organes contre les dommages oxydatifs: cerveau, foie, globules sanguins, muscles et artères **(Benlemlih M. et Ghanam J., 2012).**

7.3. L'huile d'olive et le diabète

L'huile d'olive joue aussi un grand rôle dans la prévention et le ralentissement de l'apparition du diabète. La consommation d'huile d'olive prévient la résistance à l'insuline et ses éventuelles conséquences négatives. En outre, l'huile d'olive permet un meilleur

contrôle du glucose dans le sang et diminue la pression artérielle. L'huile d'olive améliore de manière significative l'utilisation du glucose par les cellules et réduit les niveaux de triglycérides dans le sang **(Benrachou, 2013).**

7.4. Autres effets de l'huile d'olive

Leon Carralafuente (2003), signale que tous les effets bénéfiques de la consommation d'huile d'olive ne sont pas dus à l'acide oléique, et ils ne sont pas tous liés au métabolisme des graisses. D'autres composants secondaires de l'huile d'olive ont des effets bénéfiques sur la santé :

- **Les tocophérols**, comme la vitamine E, sont des anti-oxydants qui jouent un rôle important dans la réduction du risque cardiovasculaire.
- **Les phénols** sont des vitamines hydrosolubles présentes dans l'huile d'olive, ils ont un effet inhibiteur sur une enzyme impliquée dans le développement du cancer ; également considérés comme des anti-inflammatoires.
- **Les composés aromatiques** donnent à l'huile d'olive des effets antimicrobiens.
- **Les hydrates de carbones**, comme les squalènes, jouent un rôle protecteur dans le développement des tumeurs.

1. Facteurs pédoclimatiques et agronomiques

1.1. Effet du climat

Le climat a une influence importante sur la maturité des olives et donc sur la composition chimique de l'huile d'olive qui en est extraite. En outre, la lumière et la température affectent la concentration en acides gras de l'huile d'olive. On a pu démontrer que la composition en acides gras insaturés et principalement en acide linoléique, augmentait avec la diminution de la température (**Demnati, 2008**).

1.2. Effet de l'altitude

La qualité de l'huile d'olive est affectée par l'altitude. Cette dernière affecte la composition de l'huile d'olive en acides gras, principalement l'acide oléique. Les olives cultivées à haute altitude donnent des huiles riches en acide gras mono-insaturés, bien que les olives cultivées à faible altitude donnent des huiles riches en acides gras saturés donc plus stable. De même elle présente un effet sur l'acidité, l'indice de peroxyde, l'indice d'iode et la teneur en polyphénols (**Demnati, 2008**).

1.3. Facteur pédologique

En général, les terres grasses produisent comparativement des huiles moins aromatiques que les terres maigres avec des arbres moins productifs. De plus, les huiles provenant des sols calcaires ont une acidité plus basse que celles des sols argileux (**Ghezlaoui, 2011**).

1.4. Incidences des ravageurs et des maladies

Les problèmes phytosanitaires de l'olivier constituent le principal obstacle à la productivité de cette culture. Ce sont les ravageurs qui commettent le plus de dégâts en s'attaquant à tous les organes de l'olivier (rameaux, feuilles, fleurs, et fruits) (**Hilal *et al,* 2002).**

Les dégâts causés par les ravageurs et les maladies peuvent être estimés à près de 15% de la production oléicole mondiale (**Rahmani, 1999**).

1.5. Effet de la variété

La variété joue énormément sur la composition de l'huile et donc sur ses qualités gustatives **(Granier, 2005).**

De nombreuses études ont montré que certaines variétés d'olives étaient plus riches en composés phénoliques que d'autres (**Veillet, 2010**) et généralement les variétés à gros fruits et précoces sont plus attaquées par la mouche que les variétés à petits fruits (**AFIDOL, 2011**).

La variété influence principalement les caractéristiques organoleptiques de l'huile d'olive (**Psyllakis *et* al, 1980**). La production d'olive et la qualité d'huile extraite dépendent très fortement du cultivar (**Oauouich *et* chimi, 2007**). Chaque variété donnera une huile d'olive avec un profil sensoriel qui lui propre (**Demnati, 2008**).

2. Soins culturaux

2.1. Effets de l'entretien du sol

L'olivier pousse mal sur les sols argileux (< 40%) à cause de l'asphyxie que subissent les racines durant les saisons pluvieuses, sans oublier qu'en été, ce type de sol se caractérise par des fissures qui engendrent un desséchement des racines et les oliviers souffrent par la suite d'un manque d'eau. Les conséquences néfastes d'un tel sol se résument en une chute importante des fruits et en un calibre réduit des olives, ce qui affecte la qualité et le rendement de l'huile extraite. Au contraire des sols argileux, les sols profonds s'adaptent beaucoup mieux à l'olivier par leur action de rétention d'eau des pluies qui sera épuisée par l'arbre pendant le printemps pour alimenter sa végétation, ce qui améliore la qualité et le rendement en huile. (**Ouaouich *et* Chimi, 2007**).

2.2.Effet de la fertilisation

Comme toutes les plantes, l'olivier se nourrit d'éléments minéraux puisés dans le sol dont les éléments majeurs sont l'azote, le phosphore et le potassium. Mais d'autres sont indispensables en plus faible quantité, notamment le magnésium, le bore et le zinc (**Polese, 2009**).

La fertilisation optimale du verger a pour but d'assurer à la plante une nutrition complète et équilibrée permettant de fournir une récolte régulière, un bon développement végétatif et en hiver, un très bon comportement face au froid. Elle interfère directement sur l'état sanitaire de l'arbre, par l'appétence induite à l'égard de certains ravageurs (**Argenson *et al*, 1999**).

2. 3. Effet de la taille

La taille permet de maintenir un équilibre qui assure chez l'olivier une production soutenue, des olives de meilleurs calibre et une maturité régulière des fruits. En assurant un éclaircissage de la frondaison, la taille facilite un meilleur fonctionnement de l'appareil photosynthétique constitué par les feuilles, la pénétration des produits phytosanitaires à l'intérieur de l'arbre pour une meilleure efficacité de lutte contre les parasites et les maladies de l'olivier, ainsi que les opérations de cueillette. Elle limite aussi les surfaces évaporantes réduisant ainsi les besoins en eau de l'arbre (**Loussert *et* Brousse, 1978**).

2.4. Effet de l'irrigation

Les effets de l'irrigation sont positifs et il en ressort que l'irrigation augmente le rendement et la résistance à l'alternance, la teneur en huile dans la matière sèche et le rendement annuel en huile et le poids des olives. L'irrigation a aussi un effet remarquable sur la composition de l'huile. Elle provoque une légère augmentation de l'acide palmitique et une teneur en acide oléique et linoléique différente de celles des huiles des oliviers non irrigués (**Ouaouich *et* Chimi, 2007**).

2.5. Effets du contrôle phytosanitaire

Le non contrôle des attaques parasitaires peut provoquer des altérations importantes sur les olives et par conséquent sur l'huile. Ces dégâts se manifestent par une chute prématurée des fruits attaqués, une diminution de la qualité de la pulpe et une détérioration de la qualité de l'huile. Les ravageurs et les maladies les plus habituels sont: *Bactrocera oleae*, la cochenille de l'olivier, l'œil de paon, etc… (**Ouaouich *et* Chimi, 2007**).

3. Effets technologiques

3.1. Les techniques de récolte

La récolte est une opération importante de la culture de l'olivier et par conséquent, elle doit être contrôlée de prés étant donnée ses répercussions sur le coût de production, la qualité du produit obtenue et la qualité de l'huile d'olive. Cette dernière est affectée aussi bien par les modalités de récolte (système, durée) que par l'époque à laquelle intervient celle-ci **(Ouaouich *et* Chimi, 2007**).

3.1.1. La période optimale de la récolte

L'époque de récolte est liée directement au degré de maturité des olives. Au fur à mesure de sa maturité, l'olive passe par les trois stades de pigmentation suivants : vert, semi noir et noir.

Le degré de maturité des olives, au moment de la trituration, affecte aussi bien la qualité que le rendement d'extraction des huiles qu'en soit produites comme suit :

Au stade de maturité précoce (stade vert) : les olives sont peut riches en huile et donnent un produit fini très susceptible à l'oxydation de part sa teneur exceptionnellement élevée en pigment chlorophylliens favorisent l'oxydation en présence de la lumière. L'huile issue des olives vertes est également moins riche en composés phénoliques doués de propriétés anti oxydantes tels que l'hydroxytyrosol et l'acide caféique **(Ouaouich *et* Chimi, 2007).**

Figure 08 : olive verte (photo originale).

A maturité complète (stade noir) : il y'a une influence négative sur le taux des composés mineurs responsable des attributs sensoriels de l'huile (composés aromatique, polyphénols) et de stabilité à l'oxydation, il favorise également la chute des olives, qu'elle soit naturelle ou provoquée (pluie, vent et attaque par les ravageurs de l'olivier). Les olives donnent des huiles moins aromatisées, moins riche en composés phénoliques à activité antioxydant, et ont tendance à être plus acides en fonction du temps de séjour sur le sol et absorbent des odeurs étrangère **(Ouaouich *et* Chimi, 2007).**

Figure 09 : olive mure noire (Photo originale).

3.1.2. Indice de maturation des olives

La couleur des olives est donnée par un indice de maturation qui exprime la couleur moyenne des olives à un moment donné.

L'indice le plus diffusé est l'indice de maturation de **Jaén (Ferreira, 1979)**. Il est obtenu en prélevant autour de l'arbre, à hauteur de l'homme, environ 1 Kg d'olives.

De celle-ci, on prélève un échantillon de 100 olives que l'on classe dans les groupes suivants :

Catégorie 0 : peau vert intense.
Catégorie 1 : peau vert jaunâtre.
Catégorie 2 : peau verte avec des zones rosâtres au moins sur la moitié du fruit. Début de la véraison.
Catégorie 3 : peau rosâtre ou en véraison sur plus de la moitié du fruit. Fin de la véraison.
Catégorie 4 : peau noire et pulpe blanche.
Catégorie 5 : peau noire et pulpe en véraison sur moins de la moitié.
Catégorie 6 : peau noire et pulpe en véraison sur plus de la moitié.
Catégorie 7 : peau noire et pulpe en véraison totalement jusqu'au noyau.
On compte les olives A,B,C,D,E,F,G,H appartenant aux catégories 0,1,2,3,4,5,6,7.

L'indice de maturation est le résultat de la moyenne pondérée des valeurs relevées.

I.M = (A*0+B*1+C*2+D*3+E*4+F*5+G*6+H*7) /100.

3.1.3. Système de récolte

- **Les méthodes traditionnelles**

- Le ramassage des olives : ce procède employé dans le cas ou les arbres sont rarement taillés où les olives arrivées à complète maturité tombent au sol, ce procède favorise donc un produit de mauvaise qualité (acidité élevée).

Figure 10 : Olive ramassée au sol **(**photo originale**).**

- La cueillette des olives : la cueillette s'effectue à la main.

- Le gaulage des olives : Cette méthode ancestrale blesse les fruits et confère une acidité à l'huile extraite et abîme les jeune brindilles devant fructifier la compagne d'après.

Figure 11: le gaulage des olives.

- Le secouage des branches : la pince munie d'un coussinet protecteur pour éviter toute blessure des écorces.

- Le peignage des branches fruitières : Elle provoque d'importants dommages aux jeunes brindilles.

Figure 12: peignages des branches fruitières.

- **La récolte mécanique**
  - **Outils mécaniques d'aide à la récolte**

    - Fourches rotative.
    - Peignes dotées de 10 à 20 axes sinosoidaux.
    - Peignes dotées de 8 axes métalliques.
    - Les petits secoueurs.

  - **Les gaules mécaniques**
  - **Les vibreurs de tronc**

3.2. Moyen de transport des olives

Le transport des olives dans des sacs en jute est peu rationnel, car cette modalité provoque inévitablement des lésions aux drupes, surtout si elles sont très mûres. Elles sont à l'origine du déclenchement de processus biologiques d'altération de la qualité de l'huile **(Ouaouich *et* Chimi, 2007).**

Les défectuosités de toutes sortes, fruits écrasés, tombés et ramassés à terre, abimés pendant le transport, influent sensiblement sur la qualité et le rendement en huile **(Argenson *et al*, 1999).**

Selon **Rahmani (2008**), le transport des fruits dans des caisses aérées est très important, car le fruit, même après la récolte continue de respirer. S'il n'y a pas d'oxygène, c'est la fermentation qui produit notamment l'acide lactique qui déprécie la qualité de l'huile d'olive vierge.

Le transport en caisses qui évite l'écrasement des fruits et le déclenchement de processus d'altération est le moyen le plus approprié **(Chabour, 2009).** Et lorsque le transport passe par des chemins difficiles, il est préférable de limiter la hauteur de chargement pour limiter les risques d'écrasement (**Argenson *et al* ,1999**).

Figure 13: stockage des olives dans des sacs (Photo originale)

Figure 14: stockage des olives dans des caisses (Photo originale)

3.3. Stockage des olives

Le stockage inadéquat porte atteinte à la qualité de l'huile d'olive, cette dernière subit fondamentalement deux types d'altération : l'hydrolyse des triglycérides de l'huile caractérisée par une teneur élevée en acides gras libres due à l'action des lipases, de l'humidité et de la chaleur. Les huiles produites à partir d'olives fermentées sont caractérisées par le défaut « chômé » alors que les huiles provenant d'olives qui ont chômé pendant plusieurs jours à humidité élevée, se caractérisent par le défaut « moisi humide » (**Chimi, 2001**).

3.4. Systèmes d'extraction

Selon **Chimi (2006),** dans le système discontinu d'extraction par presse, les opérations de broyage et de pressage de la pâte des olives conduites en pleine air, peuvent entraîner l'altération des huiles de cette pâte qui est exposée à l'air libre durant environ 1 heure, parfois plus. En effet, l'auto-oxydation de l'huile, déclenchée par la présence de l'air, provoque la dégradation des acides gras insaturés et par conséquent la formation des hydroperoxydes qui peuvent se décomposer et donner lieu à des produits volatils (aldéhydes, cétones, ...) conduisant à un état de rancissement oxydatif de l'huile.

Ce procédé lent nécessitant beaucoup de manipulations, il peut conduire au « chômage» des olives lié au stockage au moulin avant trituration (**Carrier, 2013**).

La méthode de fabrication de l'huile (trituration) peut entraîner des pertes dans la fraction phénolique qui est hydrosoluble. Beaucoup d'industriels utilisent un moulin à trois phases, qui donne un meilleur rendement en huile avec ajout d'eau durant l'étape de séparation des phases huile/eau. Le problème avec ce système est que les phénols passent dans l'eau. Ainsi, on retrouve une grande quantité de la fraction phénolique dans les margines, et donc logiquement l'huile d'olive vierge extra issue de ces moulins à trois phases se trouve appauvrie en biophénols **(Granier, 2005).**

3.5. Conservation de l'huile d'olive

Pendant leur conservation, les huiles subissent une lente mais continuelle et irréversible détérioration due essentiellement aux phénomènes d'oxydation qui altèrent la qualité jusqu'au point de rendre l'huile non comestible **(Argenson *et al*, 1999).**

Les conditions de stockage (la durée, la température,…) ont un effet sur l'acidité, l'indice de peroxyde, la stabilité, la couleur, la composition en acide gras et en tocophérols **(El Murr, 2005).**

3.6. Conditionnement et emballage

L'emballage est un objet qui répond à des fonctions précises en termes de conservation des produits alimentaires. C'est en quelques sortes le dernier maillon de la chaine de fabrication du produit. Il est essentiel et dorénavant indissociable du produit alimentaire lui-même. Il est généralement associé à un conditionnement, c'est-à-dire à des opérations qui permettent de stabiliser et présenter le produit **(Jeantet *et al*, 2007).**

La méthode de stockage de l'huile d'olive après la trituration peut entraîner elle aussi des pertes de phénols. Si l'huile est stockée dans des bouteilles en verre, la lumière entraîne un rancissement. Celui-ci est limité par la présence des phénols qui jouent leur rôle d'antioxydants. Cette réaction entraîne un changement dans la couleur de l'huile, ainsi qu'une modification des caractères gustatifs **(Granier, 2005).**

3.7. Condition de stockage

Le stockage et la conservation constituent des facteurs importants dans la qualité de l'huile destinée à la consommation **(Ouaini, 2005).**

En effet, une fois l'huile obtenue, il est important de la stocker, à l'abri de la lumière, dans un en droit frais et sec avec un minimum de contacts avec l'air, de préférence dans des

récipients en acier inoxydable ou en verre et non en matière plastique qui donne un mauvais goût à l'huile **(Benabid, 2009).**

Conserver les huiles dans de bonnes conditions permet donc de maintenir leur qualité nutritionnelle, en garantissant une teneur en acides gras insaturé et la préservation des vitamines, ainsi que leur qualité sensorielle, en retardant l'apparition des composés volatils responsables de la note rance et premiers signes perceptibles d'une dégradation de l'huile (**Cuvelier *et* Maillard, 2012**).

I. Matériel et méthodes

1. Présentation des sites expérimentaux

Les communes des sites expérimentaux sont présentées dans la figure n°15 :

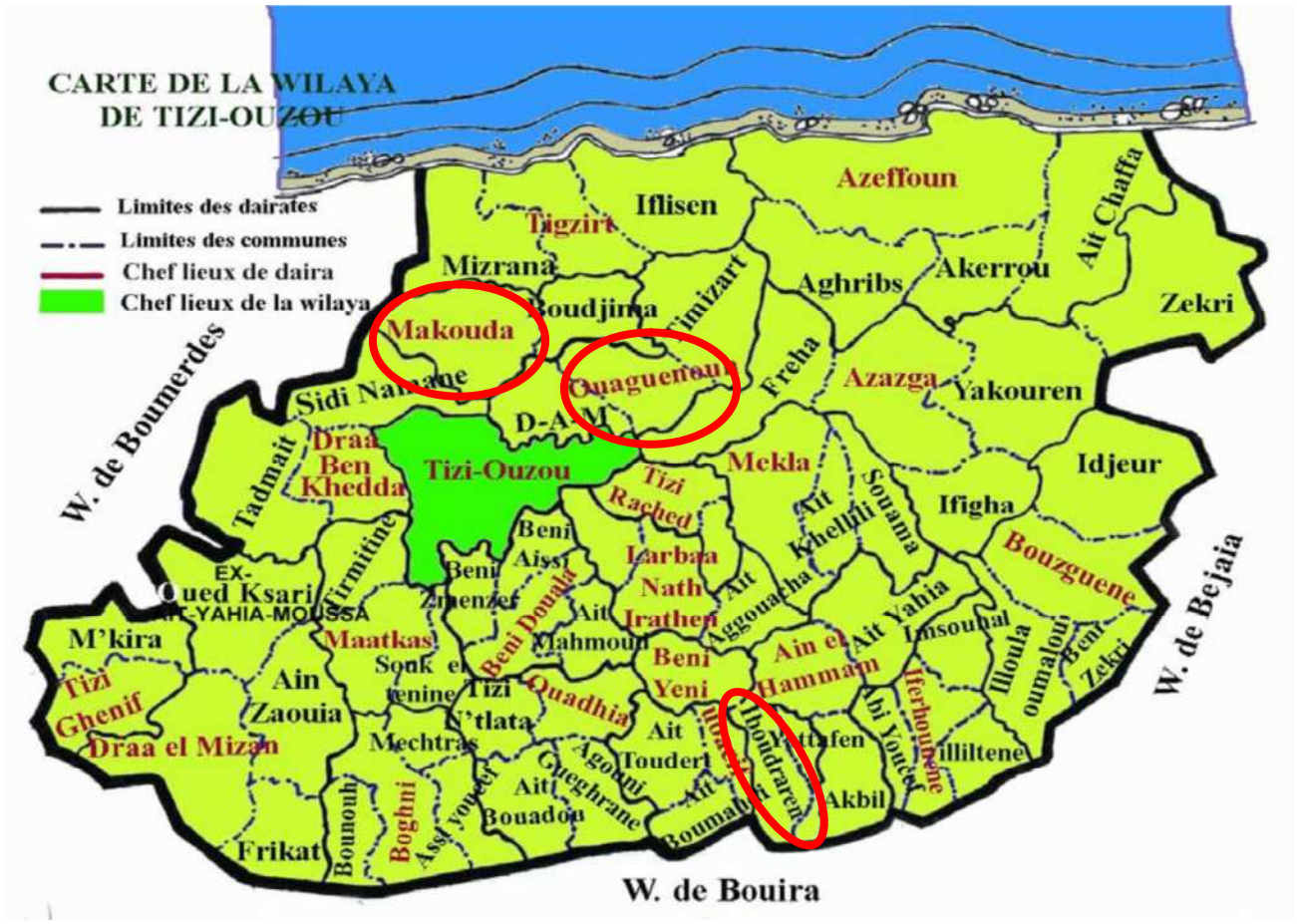


Figure 15 : Situation géographique des régions d'étude (Google map., 2014).

1.1. Commune de Makouda

La commune de Makouda est située au Nord-Ouest de la commune de Tizi Ouzou, en kabylie dans une région montagneuse, à une altitude de 500 m. Elle est délimitée géographiquement comme suit :

- Nord : par la commune de Mizrana.
- Sud : par la commune de Sidi Namane.
- Est : par la commune de Boujima
- Ouest : par la wilaya de Boumerdès.

1.2. Commune de Ouaguenoun

La commune de Ouaguenoun est située au centre de la wilaya de Tizi Ouzou, à 16 Km de la commune de Tizi Ouzou à une altitude de 254 m. Elle est délimitée au :

- Nord : par la commune de Boujima.
- Sud : par la commune de Tizi Ouzou.
- Est : par les communes de Timizart et Freha.
- Ouest : par la commune d'Aït Aissa Mimoun.

1.3. Commune d'Iboudraren

Iboudraren est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, située à environ 40 km au Sud- Est de Tizi Ouzou à une altitude proche de 1000 m.

La commune d'Iboudraren est délimitée comme suit :

- Nord : par les communes d'Ath Yanni et Ain El Hammam
- Sud : par la wilaya de Bouira.
- Est : par la commune de Yatafen.
- Ouest : par la commune de Ouacif.

Les productions obtenues en huile durant la campagne oléicole 2014-2015 au niveau de ces trois communes sont de 1260 hl, 582.3 hl et 758,3 hl, respectivement pour makouda (957 ha), Ouaguenoun (269 ha) et Iboudraren (403 ha) DSA de Tizi-Ouzou (2014).

2. Echantillonnage

L'étude expérimentale a porté sur la caractérisation de la qualité de l'huile d'olive de la variété Chemlal au niveau de trois (3) régions de la wilaya de Tizi-Ouzou à savoir : Makouda, Ouageunoun et Iboudraren.

Trois (3) échantillons ont été prélevés par région, soit un total de neuf (9) échantillons récupérés au niveau de trois (3) huileries modernes (une huilerie par région). Les échantillons de la région de Ouaguenoun, Makouda et Iboudraren ont été récupérés respectivement, durant les mois de décembre, janvier et février de la campagne oléicole 2014/2015.

Les olives triturées proviennent des lots hétérogènes au niveau de l'huilerie, conditionnées dans des sacs en polyéthylène (plastique). Chaque échantillon d'huile est prélevé à la fin de la chaîne d'extraction continue (centrifugeuse verticale), qui est ensuite conditionné dans une bouteille en plastique de 250 ml et conservé à une température ambiante et à l'abri de la lumière.

Les neuf (9) prélèvements ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques avec trois (3) répétitions pour chaque prélèvement, soit vingt sept (27) répétitions au total. Ces analyses ont été effectués au niveau du laboratoire commun I et II du Département des Sciences Biologiques de la Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. L'analyse de la composition en acides gras a été effectuée pour les neufs (9) échantillons au niveau du laboratoire de Technologie Alimentaire de l'Ecole National Supérieur d'Agronomie d'Alger.

Sur l'ensemble des échantillons étudiés, les analyses physico-chimiques réalisées sont comme suit :

- La teneur en eau et en matières volatiles ;
- L'absorbance dans l'UV (A_{232} et A_{270}) ;
- L'acidité ;
- L'indice de peroxyde ;
- L'indice de saponification ;
- La teneur en composés phénoliques ;
- La teneur en chlorophylles ;
- La teneur en caroténoïdes ;
- La composition en acides gras par la CPG

Pour le classement des huiles étudiées, nos résultats ont été comparés aux normes établies par le Conseil Oléicole International.

3. Méthodes d'analyse

3.1. Analyses physiques

3.1.1. Détermination de la teneur en eau et matières volatiles

La teneur en eau et en matières volatiles d'un corps gras est définie comme étant la perte de masse subit par ce produit après son chauffage à 103 ± 2°C, pendant un temps suffisamment court (1 heure) pour éviter l'oxydation, mais suffisamment long pour permettre l'élimination totale de l'eau. La teneur en eau et en matières volatiles de l'huile est déterminée selon la méthode décrite par la norme **AFNOR NF T606-201 d'octobre 1984**.

Le principe consiste à chauffer une prise d'essai à 103 ± 2°C dans une étuve jusqu'à l'élimination complète de l'eau.

La teneur en eau est exprimée en pourcentage en masse selon la relation suivante :

$$\mathbf{H\ \%} = \frac{\mathbf{m_1 - m_2}}{\mathbf{m_1 - m_0}} \times \mathbf{100}$$

Où :

H% : Humidité.

$\mathbf{m_0}$: masse en gramme du bécher ;

$\mathbf{m_1}$: masse en gramme du bécher et de la prise d'essai ;

$\mathbf{m_2}$: masse en gramme du bécher et du résidu de la prise d'essai après chauffage.

3.1.2. Détermination de l'absorbance en ultraviolet

Les produits d'oxydation des acides gras insaturés absorbent à des longueurs d'ondes différentes. Ceux qui ont des structures diéniques conjuguées absorbent dans l'UV au voisinage de 232 nm, alors que les produits secondaires d'oxydation avec une structure triénique conjuguée absorbent au voisinage de 268 nm.

La détermination des absorbances spécifiques aux rayonnements UV a été effectuée conformément à la norme **AFNOR NF T60-232 de juillet 1978**.

Pour mesurer l'absorbance dans un domaine spécifique de longueur d'onde (232-270 nm) un échantillon d'huile est dissout dans un solvant (hexane).

L'extinction spécifique à une longueur d'onde est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{E_{1cm}\ (\lambda)} = \frac{\mathbf{A_\lambda}}{\mathbf{C \times D}}$$

Où :

$\mathbf{E_{1cm}\ (\lambda)}$ **:** extinction spécifique à la longueur d'onde ;

$\mathbf{A_\lambda}$ **:** densité optique à la longueur d'onde λ ;

D : épaisseur de la cuve en cm ;

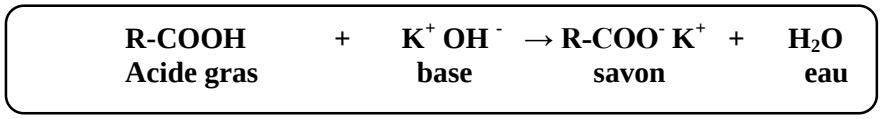
C : concentration de la solution en g /100ml.

3.2. Analyses chimiques

3.2.1. Détermination de l'acidité

L'acidité d'une huile d'olive est exprimée par le pourcentage d'acide oléique du poids moléculaire de 282.5 g/mol. La méthode utilisée est celle décrite par la **norme AFNOR NFT60-204 de décembre 1984.**

Le principe de la détermination de l'acidité de l'huile est celui d'un dosage acido-basique. C'est une réaction de neutralisation dont le schéma réactionnel est le suivant :



L'acidité est exprimée par la relation suivante :

$$\textbf{Acidité}(\%) = \frac{\mathbf{N \times V \times M}}{\mathbf{10m}}$$

Où :

N : normalité de KOH.

V : volume en ml de la chute dans la burette**.**

M : poids moléculaire de l'acide oléique (282,5g /mole).

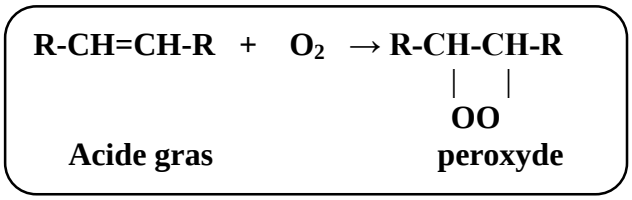
m : la masse en gramme de la prise d'essai.

3.2.2. Détermination de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde (Ip) d'un corps gras représente le nombre de microgrammes d'oxygène actif par milligramme de corps gras.

La détermination de l'indice de peroxyde est basée sur la méthode décrite par la norme **NF T60-220 de décembre 1968**.

En présence de l'oxygène de l'air, les acides gras insaturés du corps gras s'oxydent en donnant les peroxydes selon la réaction suivante :



L'expression des résultats pour cet indice est réalisée par la relation suivante :

$$\mathbf{I_P\ (meqd'O_2\ /\ Kg)} = \frac{\mathbf{(V - V_0) \times N}}{\mathbf{p}} \times \mathbf{10^3}$$

Où :

I_p : indice de peroxyde ;

V : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour la prise d'essai ;

V_0 : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc ;

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,01N) ;

P : poids en gramme de la prise d'essai utilisée ;

3.2.3. Détermination de l'indice de saponification

L'indice de saponification est la quantité de potasse en milligramme nécessaire pour saponifier les acides gras libres et liés contenus dans un gramme de corps gras en savon.

La réaction de neutralisation d'un acide gras par une base (KOH, NaOH) se traduira par la formation d'un savon, dont le schéma réactionnel est le suivant :

$$\underset{\text{Acide gras}}{\mathbf{RCOOH}} + \underset{\text{base}}{\mathbf{KOH}} \rightarrow \underset{\text{savon}}{\mathbf{RCOOK}} + \underset{\text{eau}}{\mathbf{H_2O}}$$

Le principe de cette méthode est basé sur la saponification d'une prise d'essai du corps gras par le KOH alcoolique sous réfrigérant à reflux pendant une heure et titrage de l'excès de KOH par une solution d'acide chlorhydrique (HCL) en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré.

L'indice de saponification est exprimé par la relation suivante :

$$\mathbf{I_S\ (mg\ /\ g)} = \frac{\mathbf{(V_0 - V_1) \times N \times E_g\ KOH}}{\mathbf{P}}$$

Où :

I_s : Indice de saponification.

V_0: volume en ml de HCL utilisé pour l'essai blanc.

V_1 : volume en ml de HCL utilisé pour le titrage de la prise d'essai.

N : normalité de HCL (0,5).

Eg KOH : équivalent gramme de KOH (56 ,1 g/mol).

P : poids en gramme de la prise d'essai.

3.2.4. Détermination de la teneur en composés phénoliques

La teneur en polyphénols totaux de l'huile d'olive est déterminée au moyen du réactif de Folin- Ciocalteu. Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols en mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la coloration est directement proportionnelle à la concentration des polyphénols dans la solution.

Les résultats sont exprimés en mg d'acide gallique par kg de l'huile en se référant à une courbe étalon obtenue à partir de concentrations croissantes d'acide gallique allant de 0mg/kg à 400mg/kg (Annexe).

3.2.5. Détermination de la chlorophylle

Les teneurs en chlorophylle dans un échantillon d'huile d'olive sont exprimées en mg de phéophytine «a» par kg d'huile.

La méthode de dosage de la chlorophylle est basée sur l'existence d'une bande d'absorption spécifique pour ce composée donnée par un spectrophotomètre visible.

La méthode utilisée est décrite par (**Minguez-Mosquera *et al* ; 1996**) qui consiste à dissoudre 7,5 g d'huile d'olive dans du cyclohexane jusqu'à un volume finale de 25 ml.

Expression des résultats par la relation suivante :

$$\mathbf{Chlorophylle}\left(\frac{\mathbf{mg}}{\mathbf{Kg}}\right) = \frac{\mathbf{A_{670} \times 10^6}}{\mathbf{613 \times 100 \times d}}$$

Où :

A : absorbance à la longueur d'onde indiquée.

d : épaisseur de la cuve en cm.

3.2.6. Détermination de caroténoïdes

Les teneurs en caroténoïdes dans un échantillon d'huile d'olive sont exprimées en mg de lutéine par kg d'huile.

La méthode de dosage des caroténoïdes est basée sur l'existence d'une bande d'absorption spécifique pour ce composée donnée par un spectrophotomètre visible.

La méthode utilisée est décrite par (**Minguez-Mosquera *et al* ; 1996**) qui consiste à dissoudre 7,5 g d'huile d'olive dans du cyclohexane jusqu'à un volume final de 25 ml.

Expression des résultats par la formule suivante **:**

$$\textbf{Caroténoïdes (mg/Kg)} = \frac{\mathbf{A_{470} \times 10^6}}{\mathbf{2000 \times 100 \times d}}$$

Où :

A : absorbance à la longueur d'onde indiquée.

d : épaisseur de la cuve en cm.

3.2.7. Détermination de la composition en acides gras

Principe :

Les esters méthyliques se dorment par transestérification dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification (point 5 de la méthode ISO 5509 : 2000, point 5 de la méthode IUPAC 2.301).

Mode opératoire :

- **Préparation des esters méthyliques :**
  - Peser 0,1 g de l'échantillon d'huile dans un tube à bouchon vissant muni d'un joint ;
  - Ajouter 2 ml d'hexane et agiter ;
  - Ajouter 0,2 ml de la solution méthanoïques d'hydroxyde de potassium à 2 N.
  - Fermer le tube avec le bouchon, l'agiter énergiquement pendant 30 secondes.
  - Les résultats sont donnés sous forme de chromatogramme ainsi que les différentes concentrations des acides gras.

4. Analyse statistique

Les résultats obtenus par les analyses physico-chimiques des huiles échantillonnées ont fait l'objet d'une analyse statistique par le logiciel STATBOX qui consiste en une analyse de la variance à un seul facteur à savoir la région d'échantillonnage.

1. Analyses physiques

1.1.La teneur en eau

L'eau constitue un facteur limitant de la conservation de l'huile d'olive, c'est pour cette raison qu'elle doit se présenter à un seuil minimum ou complètement absente dans l'huile. En effet la présence de l'eau dans l'huile est susceptible d'avoir une incidence sur sa qualité **(Karleskind, 1992).**

Tableau 08: les teneurs minimales, maximales et moyennes en eau des échantillons analysés.

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E	≤ 0,2	≥0,2
Iboudraren	0,485	0,119	0,267±0,193	66,67%	33,33%
Makouda	0,146	0,082	0,107±0,034	100%	0%
Ouaguenoun	0,132	0,103	0,119±0,015	100%	0%

L'ensemble des résultats montre une grande variabilité de ce paramètre d'un échantillon à un autre d'une part et d'une région à une autre d'autre part. En effet pour les deux régions de Makouda et de Ouaguenoun la totalité des huiles (100%) ont des valeurs d'humidité inférieur à 0,2 qui est la norme établie par le COI et pour la région d'Iboudraren 66,67% des échantillons qui sont inferieurs à 0,2%.

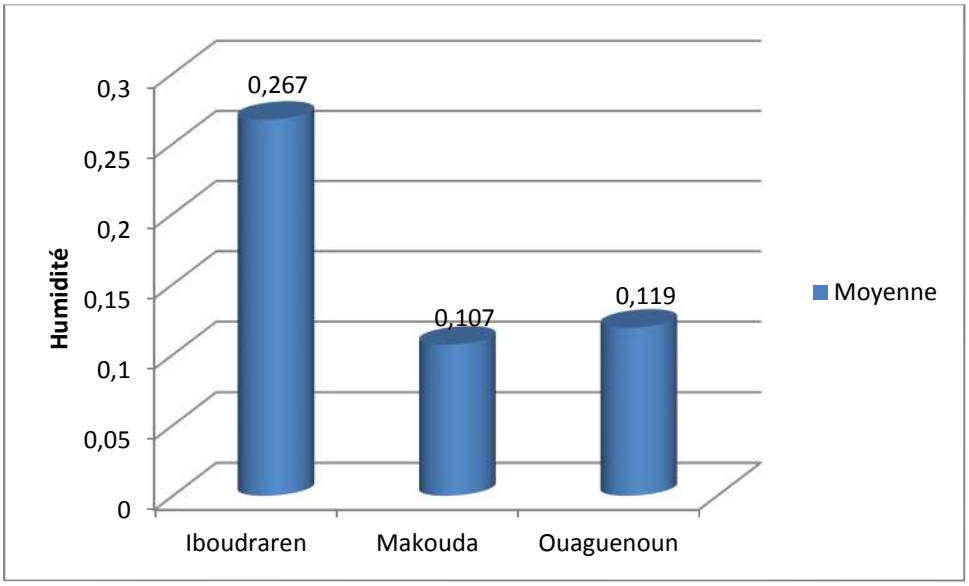


Figure 16: Valeurs moyennes du teneur en eau et en matières volatiles des huiles échantillonnées (%).

D'après **Chimi (2006),** l'élévation de l'humidité est due aux ajouts des quantités d'eau élevées lors du malaxage (de 40 à 60% du poids de la pâte), ce qui rend la séparation totale de l'eau impossible et la partie résiduelle inévitable. Sachant qu'aucun appareil n'est parfait à 100%, les centrifugeuses n'arrivent pas à la séparation complète de l'eau.

Selon **Alves *et al*. (1995),** les valeurs relatives à l'humidité sont tributaires des conditions environnementales dominantes dont la pluviosité.

La présence d'eau dans l'huile est susceptible d'avoir une incidence sur sa qualité, elle constitue un milieu favorable pour les activités enzymatiques (hydrolyse et oxydation) **(Karleskind, 1992)**.

L'analyse de la variance à un seul facteur ressort que le facteur région agit d'une façon non significative (p=0,482).

1.2. L'absorbance spécifique dans l'ultra violet 232 nm et 270 nm

L'absorption de la lumière ultraviolette par les huiles est en relation avec la nature, le nombre et la position des doubles liaisons. Les diènes et les triènes conjugués absorbant respectivement au voisinage de 232 nm et 270 nm **(Karleskind, 1991).**

Les valeurs de l'absorbance dans l'UV nous renseignent sur le degré d'oxydation de l'huile. En effet, plus l'absorbance à 232 nm est forte, plus les corps gras sont peroxydés, et plus l'absorbance à 270 nm est forte plus le corps gras sont riche en produits secondaires d'oxydation **(Wollf, 1986).**

- **L'extinction spécifique à 232 nm**

Les valeurs d'extinction à 232 nm se présentent comme suit :

Tableau 09 : Les valeurs minimales et maximales d'extinction à 232 nm des échantillons analysés.

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E	≤2,50	≥2,50
Iboudraren	0,760	0,752	0,753±0,006	100%	0%
Makouda	0,628	0,623	0,623±0,006	100%	0%
Ouaguenoun	0,63	0,623	0,627±0,006	100%	0%

D'après les résultats mentionnés dans le tableau N°09 tous les échantillons d'huile d'olive analysés présentent des valeurs d'extinction spécifique à 232 nm conformes avec les valeurs fixées par les normes du COI, oscillant entre 0,623 comme valeur minimale et 0,760 comme valeur maximale. Ceci dit les huiles échantillonnées ne présentent pas les produits primaires.

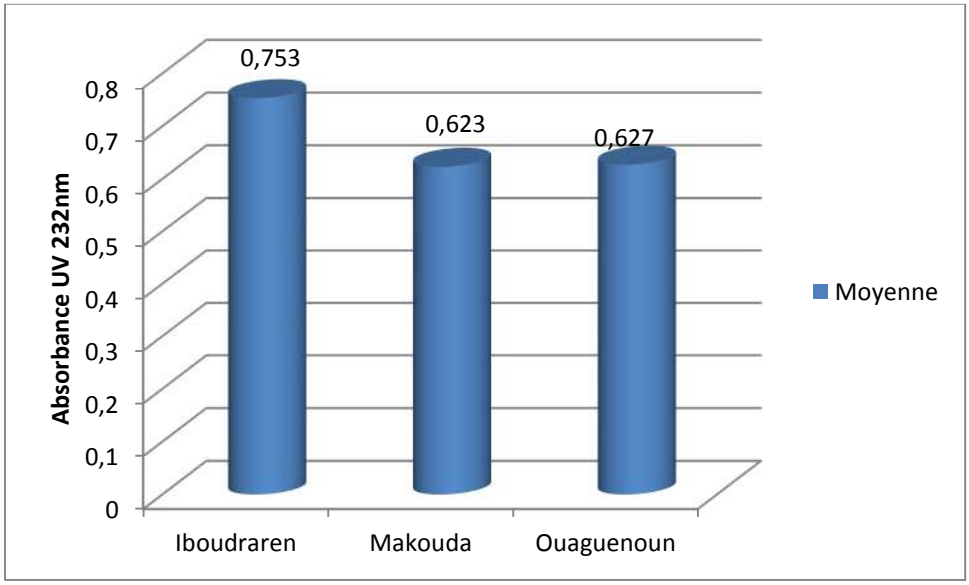


Figure 17: Valeurs moyennes de l'extinction spécifique à 232 nm des huiles d'olive échantillonnées.

Les valeurs moyennes de l'extinction spécifique à 232 nm varient selon la région (figure 17) ; mais qui restent nettement inférieur à la norme fixée par le COI (2015).

L'analyse de la variance à un seul facteur donne un effet très hautement significatife pour le facteur région (P= 0,0001). Le test de NEWMAN- KEULS au seuil de 5% regroupent les échantillons d'huiles d'olives dans 2 groupes homogènes (annexe 14).

- **L'extinction spécifique à 270 nm**

Le tableau N°10 montre que les valeurs de l'extinction à 270 nm oscillent entre 0,127 à 0,255 pour les trois régions. En effet les valeurs les plus faibles ont été obtenues au niveau de la région de Makouda (0,127 et 0,185). La région d'Iboudraren possède 66,67% des échantillons avec des valeurs non conformes et qui dépassent les normes fixées par le COI (2015). Ce qui permet de déduire que ces huiles sont plus riches en produits secondaires d'oxydation.

Tableau 10: Les valeurs minimales et maximales d'extinction à 270 nm des échantillons analysés.

Région	Valeur Max	Valeur Min	Moy ± E	≤ 0,22	>0,22
Iboudraren	0,255	0,215	0,24±0,019	33,33%	66,67%
Makouda	0,185	0,127	0,159±0,026	100%	0%
Ouaguenoun	0,192	0,188	0,191±0,001	100%	0%

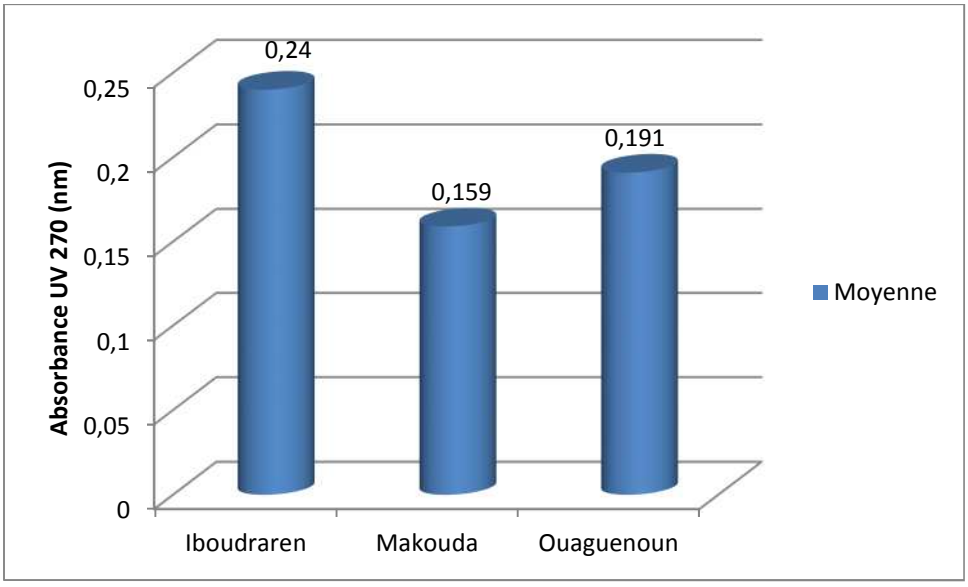


Figure 18: Valeurs moyennes de l'extinction spécifique à 270 nm des huiles d'olive échantillonnées.

La variation enregistrée pour l'absorbance à 270 nm est probablement due à la différence au niveau de la date et du mode de récolte des olives ainsi qu'à la durée de conservation de ces dernières avant la trituration. De même un réchauffement de la pâte lors de la trituration et l'exposition de l'huile extraite à l'oxygène de l'air et à la lumière qui favorisent l'augmentation de l'absorbance UV à 270 nm (**Tanouti *et al.*2011**).

Les échantillons d'Iboudraren (66,67%) qui présenter des valeurs élevées à 270 nm seraient liées à plusieurs facteurs tels que la récolte tardive des olives qui est effectuée en février, ainsi que le stockage des olives pendant une longue durée, favorisant l'oxydation et le phénomène de fermentation des olives par plusieurs facteurs (l'oxygène, la lumière, et la températures élevées).

D'après **Ouadi N. et Sidanis S. (2007),** l'état d'oxydation à 270 nm augmente avec la quantité d'eau présente dans l'huile.

L'analyse statistique de la variance à un seul facteur (région) fait ressortir que ce facteur agit d'une façon significative (P= 0,0049), Le test de NEWMAN- KEULS au seuil de 5% regroupent les échantillons d'huiles d'olives dans deux groupes homogènes, (Annexe15).

2. Analyses chimiques

2.1. L'acidité

L'indice d'acidité est un indicateur qui permet d'évaluer l'altération de la matière grasse suite à un mauvais traitement ou à une mauvaise conservation, il est exprimé en pourcentage d'acide oléique (**Dieffenbacher**, **1998; Clavé, 2008).**

Tableau 11: Taux d'acidité des échantillons d'huiles d'olives analysés.

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E	A ≤0,8 %	0,8 <A≤2%	2 <A≤3,3%	A>3,3%
Iboudraren	7,72	3,351	5,545±2,188	0%	0%	0%	100%
Makouda	2,93	1,653	2,28±0,574	0%	33,33%	66,67%	0%
Ouaguenoun	3,77	2,21	2,959±0,867	0%	0%	66,67%	33,33%

Les valeurs d'acidité enregistrées dans le tableau N°11 nous renseignent sur la variation de ce critère selon la région et au sein de la même région. Pour la région de Makouda les valeurs d'acidité sont nettement plus faibles comparativement aux deux autres de Ouaguenoun et d'Iboudraren.

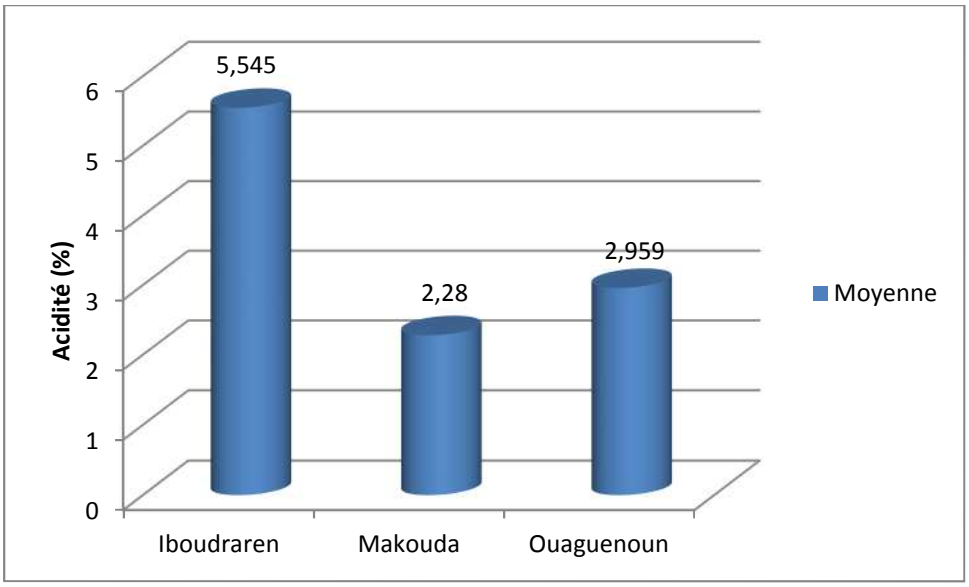


Figure 19: Valeurs moyenne de l'acidité libre des huiles analysées.

En comparant les résultats obtenus aux normes établis par le COI, on peut classer les huiles étudiées en trois catégories :

- Huiles d'olives vierges : Cette catégorie renferme 33,33% des huiles de Makouda.
- Huiles d'olives vierges courantes : Cette catégorie renferme 66,67% des échantillons de Makouda, 66,67% des échantillons de Ouaguenoun.
- Huiles d'olives vierges lampantes impropres à la consommation en état : renferme 33,33% des échantillons de Ouaguenoun et la totalité (100%) des échantillons d'Iboudraren.

Nos résultats sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur à savoir le facteur région. Il ressort de ce traitement statistique que ce dernier, agit de façon non significative (P=0,0626) sur l'acidité des huiles. Donc le taux d'acidité peut être influencé par la date de récolte et de trituration des olives et les conditions et la durée de stockage des olives.

Selon **Garcia (1996),** les conditions de stockage des olives (température, humidité) favorisent une hydrolyse des triglycérides et apparition des acides gras libres.

D'après **Meftah *et al.* (2013)**, un niveau d'acidité libre élevé peut être dû au stade de maturité avancé des fruits ou au stockage inadéquat des olives avant la trituration par l'action des lipases sur les triglycérides de l'huile d'olive qui provoquent l'augmentation de sa teneur en acides gras libres.

Selon **Tanouti *et al.* (2011),** les facteurs responsables d'acidité élevée sont liés au non respect des bonnes pratiques de récolte et de fabrication d'huile d'olive.

Le gaulage et les attaques de la mouche (*Bactrocera oleae*) provoquent des lésions au niveau des olives. En effet, ces lésions facilitent la pénétration et le développement des micro-organismes, ce qui conduit à une dégradation de la qualité, qui se traduit par une augmentation de l'acidité du fruit (**Chimi, 2002 ; Elantari *et al.*, 2002**).

Plus une huile d'olive sera extraite avec des olives de moindre qualité, plus son taux d'acide gras libre sera élevé (**Milhau, 2013**).

2.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde mesure le degré de rancidité des matières grasses après une exposition à l'air. Cette dernière va entraîner la formation de peroxydes à partir des acides gras non saturés. C'est un critère de qualité permettant de rendre compte de l'état de conservation d'une huile et de sa qualité organoleptiques (**Lazzeri, 2009).**

C'est la quantité de peroxyde présente dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif contenu dans un kilogramme de produit, oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. L'indice de peroxyde nous permet d'évaluer l'état de fraîcheur de l'huile **(Perrin, 1992).**

La détermination de l'indice de peroxyde des huiles d'olives permet d'évaluer le niveau d'oxydation primaire de l'huile par l'oxygène. L'action directe de l'oxygène et l'action indirecte des autres facteurs qui permettent à l'oxygène de se fixer sur les acides gras entraînent l'oxydation de l'huile (**Meftah *et al.* 2013**).

Tableau 12 : Valeurs de l'indice de peroxyde des échantillons analysés ($meqO_2$ /kg d'huile).

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E	≤20	>20
Iboudraren	16	9,5	12,667±3,253	100%	0%
Makouda	17,5	10,33	14,110±3,599	100%	0%
Ouaguenoun	13	6,333	10,667±6,333	100%	0%

Ce tableau montre que les trois régions présentent des valeurs d'indice de peroxyde allant de 9,5 à 16 $meqO_2$ /kg pour l'huile de Iboudraren, de 10,33 à 17,5 pour l'huile de

Makouda et de 6,333 à 13 pour l'huile de Ouaguenoun, avec respectivement des moyennes de 12,667± 3,253 ; 14,110± 3,599 ; 10,667±6,333.

D'après les résultats, il ressort que tout des échantillons (100%) analysés aux niveaux des 3 régions, présentent des valeurs inférieures à la limite établie par la norme commerciale du Conseil Oléicole International (2015) pour les huiles d'olives vierges et vierges extras (≤20 meqO_2 /kg).

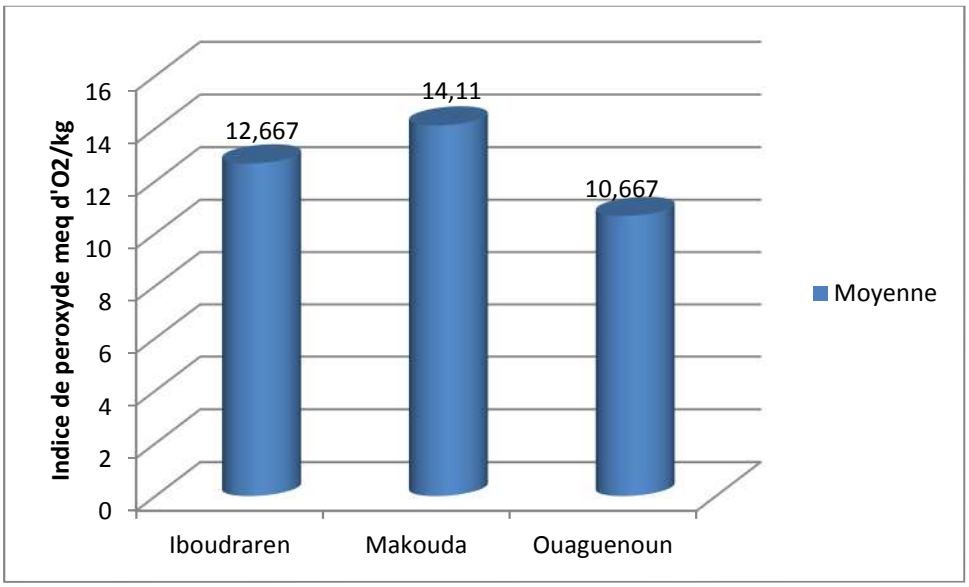


Figure 20: Valeurs moyennes de l'indice de peroxyde des échantillons analysés (meqO_2 /kg).

Nous remarquons une différence entre les valeurs moyennes d'indice de peroxyde d'huile entre les trois régions, la moyenne la plus élevée est remarquée dans la région de Makouda par rapport aux deux autres régions. Cette différence pourrait être due à la prolongation de la durée de malaxage de récolte et la durée de stockage des olives entre les trois régions.

Selon **Garnier (2013),** un indice de peroxyde bas indique que l'huile a été extraite rapidement après la récolte et qu'elle a été stockée dans de bonnes conditions. Il permet également de penser que l'huile ne s'oxydera pas prématurément et se conservera bien au cours du temps. À l'inverse, si l'indice de peroxyde est élevé, cela peut signifier qu'il y a eu un problème de conservation de l'huile**.**

Pour les échantillons d'huiles présentant des indices de peroxydes élevés par rapport aux normes du codex, cela s'explique par une forte oxydation des acides gras insaturés.

Néanmoins, la valeur de cet indice peut diminuer suite à la décomposition des hydroperoxydes pour former les produits secondaires d'oxydation **(Gertz, 2008).**

Il faut noter que l'Indice de Peroxyde augmente avec la maturité des olives, et surtout à la suite d'un choc thermique, consécutivement à un gel ou à un processus de fabrication défectueux. Le stockage inadapté ou prolongé, est également une des causes d'augmentation de ce paramètre (**Tanouti *et al*. 2011**).

Selon **Ouaini (2005**), les procédés d'extraction ont un impact direct sur la qualité de l'huile produite. Par exemple, une température supérieure à 28°C au cours du malaxage risque d'altérer sérieusement la qualité de l'huile.

L'analyse de la variance à un seul facteur à montré que l'effet de la région est non significative (P= 0,529).

2.3. Indice de saponification

La saponification est une réaction chimique transformant un ester en un ion carboxylate et un alcool. Il s'agit en fait de l'hydrolyse en milieu basique d'un ester. Elle nous renseigne sur la longueur des chaines des acides gras ou de leur poids moléculaire moyen. Cet indice est exprimé par la quantité en mg de KOH fixé par 1g de corps gras (**Adrian *et al.* 1998).**

Tableau 13: Teneur en indice de saponification des échantillons analysés (mg/g).

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E	Dans 184 -196	Hors 184 -196
Iboudraren	212,71	188,878	197,753±13,029	66,67%	33,33%
Makouda	202,893	180,45	189,803±11,678	33,33%	66,67%
Ouaguenoun	211,77	195,88	204,921±7,855	33,33%	66,67%

L'ensemble des résultats montrent une grande variabilité de se paramètre d'un échantillon à une autre d'une part et d'une région à une autre d'autre part. En effet pour la région d'Iboudraren 66,67% des échantillons ont des valeurs conformes à la norme de COI (2015) et les régions de Makouda et Ouaguenoun, respectivement, 66,67% des échantillons, sont non conformes à la norme.

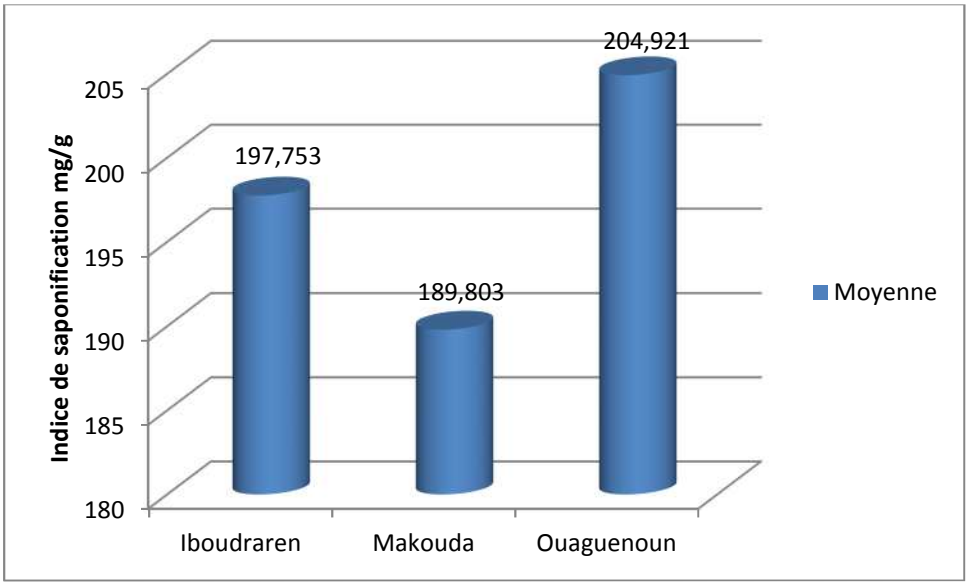


Figure 21: Valeurs moyennes de l'indice de saponification (mg/g) des échantillons analysés

La figure 21 montre une différence entre les valeurs moyennes de l'indice de saponification des échantillons analysés entre les trois régions, en effet nous remarquons une valeur élevée dans la région de Ouaguenoun, soit une moyenne de 204,921 mg/g ; qui est supérieure à la norme établie par le COI (2015) qui doit être comprise entre 184 et 196 mg/g.

La moyenne la plus faible à été enregistré dans la région de Makouda (189,803 mg/g) qui est conforme à la norme de COI. Il faut mentionner que ce paramètre est influencé par la composition en acide gras de l'huile, particulièrement par la présence d'acides à longue chaine.

Selon **Baaziz (2005),** un indice de saponification faible correspond donc à des acides gras comportant une chaîne de carbone plus longue. Cet indice nous permet ainsi de caractériser un acide gras en fonction de la longueur de sa chaîne.

Selon **Dugo *et al.* (2004),** l'augmentation de l'indice de saponification est attribuée à la durée de stockage prolongée et le mode de récolte inadéquat, ces facteurs affectent la lipoperoxydation excessive des acides gras polyinsaturés avec formation d'acides gras à chaine réduite.

L'analyse de la variance pour le facteur région n'indique aucun effet significatif.

2.4. la teneur en chlorophylle

Les chlorophylles sont des substances non désirables dans les huiles végétales en raison de leur effet sur la stabilité (**Ryan *et al.* 1998**). Elles sont dotées d'un pouvoir de photosensibilisation, se traduisant par la production de l'oxygène et peuvent être par conséquent à l'origine de l'oxydation de l'huile (**Rahmani, 1989**).

Tableau 14: Teneur en chlorophylles des huiles analysées (ppm).

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E
Iboudraren	2,435	0,929	1,513±0,808
Makouda	0,886	0,581	0,693±0,162
Ouaguenoun	1,571	1,25	1,395±0,163

Le tableau ci-dessus montre que la teneur en chlorophylle s'étend de 0,929 à 2,435 ppm ; 0,581 à 0,886 ppm ; 1,25 à 1,571 ppm pour les régions Iboudraren ; Makouda ; Ouaguenoun , respectivement. Ces échantillons présentent des valeurs moyennes de 1,513± 0,808 ppm et 0,693± 0,162 et 1,395± 0,163 ppm, respectivement, pour les trois régions Iboudraren ; Makouda ; Ouaguenoun.

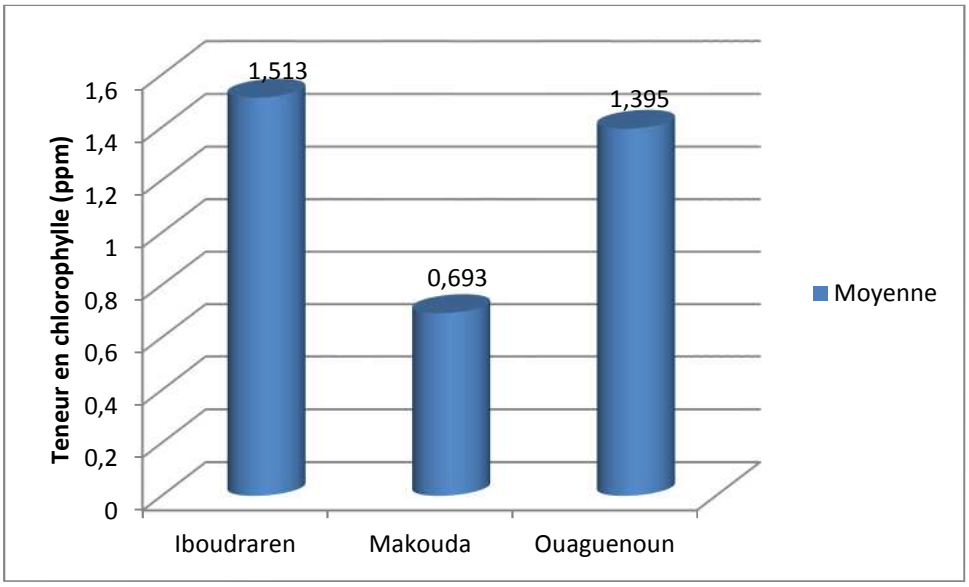


Figure 22: Teneurs moyennes en chlorophylles des échantillons d'huile analysés (ppm).

Les résultats consignés dans l'histogramme ci-dessus (Figure 22) montrent que les échantillons d'Iboudraren et Ouaguenoun présentent des teneurs en chlorophylles relativement dans la norme. Cependant pour les échantillons de la région de Makouda les

valeurs sont inférieures à la norme de COI (2003), qui doit être comprises entre 1 à 20 ppm pour les huiles d'olives vierges.

L'analyse de la variance à un seul facteur ressort que le facteur région agit d'une façon non significative (p=0,1613).

Selon **Tanouti (2010),** la présence des chlorophylles dans l'huile d'olive dépend de la variété, du degré de maturité du fruit, du processus d'extraction et des conditions de stockage.

Selon **Perrin (1992**), une huile d'olive vierge présente une fourchette de valeurs en chlorophylles variant entre 1 et10 ppm. Nous constatons que nos résultats des deux régions (Ouaguenoun, Iboudraren) sont proches de la limite inférieur fixée par le COI. Cependant les faibles quantités de chlorophylle enregistrées peuvent expliquer par une dégradation des pigment lors du processus d'extraction de l'huile qui rend non seulement la phéophytinisation des chlorophylles initialement présentes dans le fruit frais, mais conduit également à des pertes importantes des pigments chlorophylliens **(Ryan *et al.*1998).**

La teneur en chlorophylles des huiles varie en fonction du degré de maturité des fruits. Ces chlorophylles se dégradent au cours de la maturité des olives par l'action de la pheophytinisation, responsable de la disparition de la coloration verte **(Ait Yacine *et al.* 2001).**

2.5. La teneur en caroténoïde

Il s'agit des pigments lipophiles sensibles aux rayons ultraviolets et à la chaleur, les caroténoïdes et plus particulièrement le trans-β-carotène, sont des précurseurs de la vitamine A et de nombreux dérivés responsables du goût et du parfum des productions végétales **(Pagès-xatart-parès, 2012; Leray, 2010).**

Tableau 15: Teneurs en caroténoïde des échantillons de l'huile d'olive analysés (ppm).

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E
Iboudraren	1,228	0,697	0,921±0,276
Makouda	0,632	0,365	0,518±0,136
Ouaguenoun	0,873	0,59	0,725±0,158

D'après les résultats illustrés dans le tableau N°15, les teneurs en caroténoïde qui s'étend de 0,697 à 1,228 ppm ; 0,365 à 0,632 ppm ; 0,59 à 0,873 ppm pour les régions

d'Iboudraren ; Makouda ; Ouaguenoun, respectivement. Ces échantillons présentent des valeurs moyennes de 0,921±0,276 ppm ; 0,518±0,136 ppm et 0,725±0,158 ppm respectivement pour les trois régions : Iboudraren ; Makouda ; Ouaguenoun.

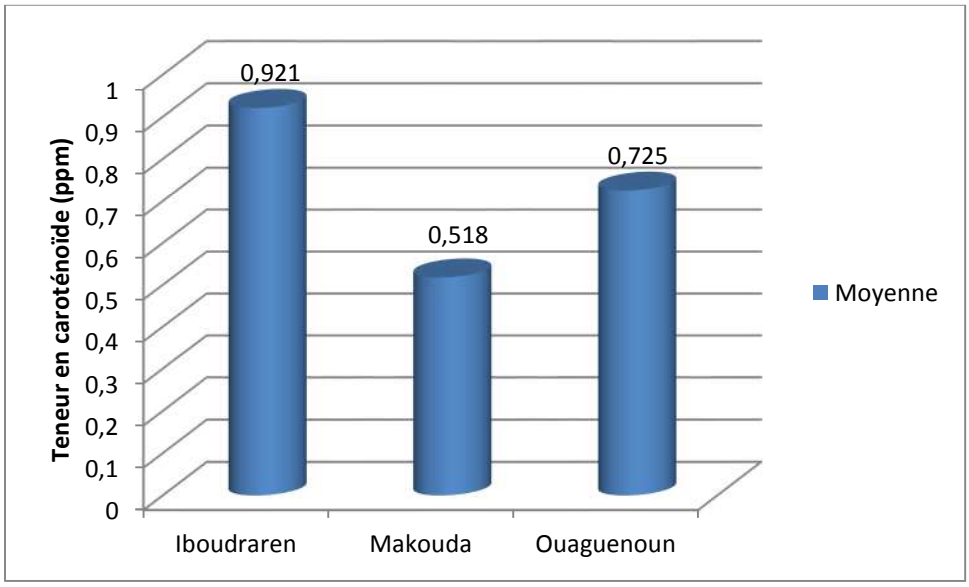


Figure 23: Teneurs moyennes en caroténoïdes des échantillons analysés (ppm).

D'après les résultats illustrés dans la figure N°23, la teneur moyenne en caroténoïde des échantillons d'huiles analysés varient considérablement entre les trois régions. En effet, la valeur élevée a été enregistrée dans la région de Iboudraren avec 0,921 ppm par contre la faible valeur a été constatée dans la région Makouda avec 0,518 ppm.

L'analyse de la variance à un seul facteur ressort que le facteur région agit d'une façon non significative (p=0,1217).

Selon **Svgetlana *et al.* (2002),** la teneur en caroténoïdes de l'huile d'olive vierge extra s'étend de 0,3 à 7,7 mg par g. Nous constatons que nos résultats sont dans la limite citée par ces auteurs.

La concentration en caroténoïdes dépend de plusieurs facteurs tels que : le cultivar, le climat, la maturité, et le procédé d'extraction. **(Kristakis, 1998).**

La faible teneur enregistrée en ces pigment est due au fait que les caroténoïde s'oxydent rapidement à cause de leur degré d'instauration élevé, la longue chaine de double liaison conjuguée **(Graille, 2003).**

Ces composés sont responsables du gout si particulier à la fois amer et fruité, contribuant pour une grande partie à la stabilité de l'huile en augmentant sa résistance à l'auto oxydation **(Fourati *et al.* 2003).**

2.6. La teneur en polyphénols

Selon **Sifi *et al.* (2001),** les composés phénoliques jouent un rôle important comme antioxydants, ils contribuent à la bonne stabilité de l'huile d'olive. Le choix de quantifier les polyphénols parmi les différentes substances, résulte du fait qu'ils ont des activités biologiques très importantes. De même pour les flavonoïdes qui sont considérés comme la classe la plus importante des polyphénols (**Meddour *et al.* 2013).** Chimiquement, les polyphénols sont un grand groupe hétérogène de composés, se distinguant par leur structure chimique et leur complexité (**Cardona, 2013**).

Cependant, le pouvoir antioxydant des composés phénoliques vis-à-vis de l'auto-oxydation des huiles est plus élevé que celui observé dans le cas de la photo-oxydation. Les polyphénols se dégradent plus rapidement en photo-oxydation avec une vitesse de réaction beaucoup plus forte que celle de l'auto-oxydation (**Janati Idrissi *et al*. 2012**).

La quantification des composés phénoliques totaux n'est pas une mesure absolue des quantités de composés phénoliques réelles, mais elle est basée sur leur capacité de réduction chimique relative à l'acide gallique (**YE-JI *et al.* 2013).**

Tableau 16 : Teneurs en composés phénoliques des échantillons d'huiles d'olives analysés (ppm).

Région	valeur Max	valeur Min	Moy ± E
Iboudraren	22,59	16,42	19,748±3,114
Makouda	34,568	28,135	30,876±3,320
Ouaguenoun	38,863	17,889	26,181±11,155

D'après le tableau ci-dessus nous avons remarqué que les huiles d'olive étudiés sont pauvres en polyphénol. Sachant que la valeur maximale en ces composés est de 38,863 ppm, observée dans la région d'Ouaguenoun et la valeur minimale de 16,42 est observée dans la région d'Iboudraren. Ces résultats restent inférieurs à ceux trouvés par **Benlemlih et Ghanam (2012),** qui indique une valeur de 236 ppm pour l'huile d'olive vierge extra.

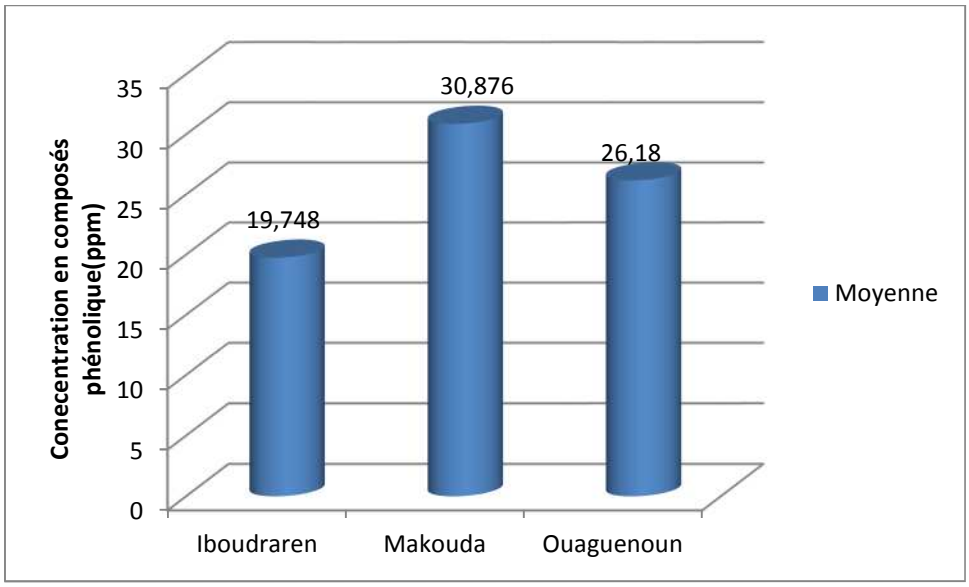


Figure 24: Valeurs moyennes en polyphénols (ppm) des échantillons analysés.

D'après les résultats obtenus, les valeurs moyennes de la teneur en composés phénoliques de l'huile d'olive est faible surtout pour la région de Iboudraren qui est de 19,748 ppm, est de 26,18 ppm pour la région de Ouaguenoun, est de 30,876 ppm pour la région Makouda. Selon le **COI** (2009), l'huile d'olive extra vierge doit contenir 153 à 694 mg/kg.

Les variations des teneurs observées peuvent être dues à la différence du degré de maturité des olives avant trituration (récolte tardive des olives), mais qui dépendent également de la variété cultivée et de la zone géographique (**Garcia *et al.* 2003**). La présence des feuilles lors de broyage des olives peut aussi augmenter la concentration en composés phénoliques dans les huiles d'olive (**Boudhioua *et al.* 2008**).

L'analyse de la variance à un seul facteur ressort que le facteur région agit d'une façon non significative (p=0,2243).

Cette valeur faible de la teneur en composés phénoliques serait attribuée à :

- ✓ La méthode de fabrication et la variation de la région de production (**Meftah *et al.* 2013**).
- ✓ Facteur agronomique : Altitude (plus de 800 m) (**Rayan et Robards, 1998**).
- ✓ Stade de maturité et la durée de stockage (**Dugo *et al.* 2004**).
- ✓ Le système d'extraction (**Ryan *et al.* 1998; El Antari *et al.* 2003**), la plupart des phénols sont des composés polaires, l'addition de l'eau à la pâte réduit donc la qualité (composition) de l'huile produite.
- ✓ Les conditions de stockage avant et après trituration.

Le contenu phénolique des huiles d'olives varie en fonction du climat, la technique de récolte, du degré de maturité des olives, des techniques de production et des méthodes de conservation (**COI, 2014**).

Selon **Veillet (2010),** le stockage des olives entraîne une fermentation oxydative. Les phénols naturellement contenus dans les olives sont utilisés pour lutter contre cette oxydation, en jouant leur rôle d'antioxydants. Ainsi la teneur en phénols dans les huiles issues d'olive stockées s'en voit diminuée.

2.7. Composition en acide gras

La composition en acide gras de l'huile d'olive joue un rôle important pour sa qualité nutritionnelle et organoleptique. Divers facteurs, tels que le degré de maturité des olives, le climat et la variété, ont une incidence sur le profil de composition en acides gras de l'huile d'olive (**Tanouti *et al,* 2011**).

Tableau 17 : Composition en acides gras des huiles d'olives analysées (%).

Acides Gras	Dénomination	Huile de Iboudraren			Huile de Makouda			Huile de Ouaguenoun		
		Huile 1	Huile 2	Huile 3	Huile 4	Huile 5	Huile 6	Huile 7	Huile 8	Huile 9
Acide gras saturés	Acide palmitique C16: 0	14,85	12,47	12,19	12,71	11,64	14,81	12,14	15,22	12,84
	Acide stéarique C 18 :0	1,69	0,99	1,34	0,98	1,17	1,99	0,97	1,35	1,31
	Acide Arachidique C 20: 0	0	0,09	0,08	0,56	0,56	0,07	0,74	0,17	0,12
Acide gras monoinsaturés	Acide palmitoléique C16: 1	3,35	5,66	6,36	8,03	7,47	5,39	8,07	4,94	7,01
	Acide oléique C 18: 1	63,90	58,55	57,30	53,32	53,25	58,42	52,34	59,28	57,52
Acide gras polyinsaturés	Acide linoléique C 18: 2	15,79	21,96	20,46	21,85	22,30	18,89	22,44	18,62	20,85
	Acide Linolénique C 18:3	0,41	0,26	2,19	2,27	3,21	0,38	2,95	0,40	0,31
Acide gras saturés		16,54	13,56	13,62	14,25	13,38	16,87	13,85	16,74	14,27
Acides gras monoinsaturés		67,25	64,22	63,66	61,35	60,73	63,81	60,41	64,21	64,53
Acides gras polyinsaturés		16,21	22,22	22,65	24,12	25,52	19,28	25,39	19,02	21,17
AGIS / AGS		5,05	6,37	6,34	5,997	6,45	4,93	6,19	4,97	6,01

L'analyse de la chromatographie en phase gazeuse a révélé l'existence de sept (07) acides gras dans la matière grasse issue de l'huile d'olive de trois régions (Iboudraren ; Makouda ; Ouaguenoun). La composition en acides gras a donné trois (03) acides gras saturés qui sont l'acide palmitique, l'acide stéarique et l'acide arachidique. Les acides gras insaturés sont au nombre de quatre (04) dont deux (02) sont mono-insaturé : l'acide oléique, acide palmitoléique et deux (02) autres sont polyinsaturé : l'acide linoléique et l'acide linolénique.

L'huile d'olive analysée a une profile en acide gras caractéristique, dominée par l'acide oléique (C18 : 1) insaturé pour tout les échantillons, mais les échantillons (4 et 5) de la région Makouda et l'échantillon (7) de la région d'Ouagnuenoun présentent des valeurs inférieures à la norme établie par le COI (2015) qui doit être comprise entre 55 à 83.

Pour les autres acides gras on remarque :

- Acide arachidique : tout les échantillons conformes à la norme établie par le COI (2015) qui doit être ≤ 0,6 sauf l'échantillon (7) de la région d'Ouaguenoun qui présente une valeur supérieur à ce seuil.
- L'acide palmitoléique : à l'exception de l'échantillon (1) de la région d'Iboudraren tout les échantillons possèdent des valeurs supérieur à la valeur établie par le COI (2015) qui doit être comprise entre 0,3 à 3,5.
- L'acide linoléique : on remarque que l'échantillon (2) d'Iboudraren et les deux échantillons (4 et 5) de la région de Makouda et l'échantillon (7) de Ouaguenoun qui enregistrent des valeurs supérieures à la norme de COI (2015) qui doit être compris entre 3,5 à 21.
- Acide linolénique : l'échantillon (3) de Iboudraren et les deux échantillons (4 et 5) de la région de Makouda et l'échantillon (7) de Ouaguenoun montrent des valeurs élevées, supérieures à la norme de COI (2015) qui doit être ≤ 1.
- Acide stéarique et l'acide palmitique : Tout les échantillons étudiés ont des teneurs en c'est deux acides gras qui répondent aux normes fixées par le COI (2015) qui doit être comprise entre 0,5 à 5 et entre 7,5 à 20 pour l'acide stéarique et l'acide palmitique, respectivement.

La présence de l'acide gras mono-insaturé : acide linoléique (C18:2) avec un pourcentage important, comparativement aux autres acides gras insaturés peut être expliquée par la présence d'une enzyme, l'Oléate desaturase qui transforme l'acide oléique (C18:1) en acide linoléique (C18:2) au cours de la maturation du fruit (**Gutierrez *et al.* 1999**).

Il faut également signaler que la composition en acide gras des huiles varie en fonction de l'origine géographique et de la zone de production de l'huile (climat, altitude) bien que cela ne semble pas être toujours vérifié **(Moussa, 1996).**

Les acides gras jouent un rôle important dans la caractérisation sensorielle de l'huile. Le contenu en acides gras libres ou l'indice d'acidité de l'huile est un indicateur de l'activité de la lipase ainsi que la qualité et la fraîcheur de fruit, de temps de stockage et de la stabilité de l'huile **(RAYAN *et al.* 1998).**

Pour une meilleure conservation de la qualité des huiles, leur teneur en acide linoléique ne doit pas être supérieur à 10% (**Uzzan, 1992**). Rappelons à cet effet que cet acide est le principale responsable du vieillissement de l'huile (**Kiritsakis *et al.* 1999**)

3. Classification des huiles analysées

Les résultats obtenues sur l'ensemble des paramètres étudies, nous ont permis de classer les huiles analysés selon les normes établies par le **COI (2015).**

La classification des échantillons d'huiles analysés sont illustré dans le tableau N°18.

Tableau 18 : Classification des huiles d'olives analysées de trois régions de la campagne oléicole 2014-2015.

Région	Huile	Acidité	Indice de peroxyde	UV 270	UV 232	Classification des huiles
Iboudraren	1	3,34	16	0,215	0,752	HOVL
	2	7,72	9,5	0,255	0,757	HOVL
	3	5,57	12,5	0,248	0,760	HOVL
Makouda	4	1,65	17,5	0,127	0,625	HOV
	5	2,41	10,33	0,166	0,623	HOVC
	6	2,78	14,5	0,184	0,628	HOVC
Ouaguenoun	7	2,21	12,67	0,188	0,625	HOVC
	8	2,74	13	0,192	0,63	HOVC
	9	3,77	6,33	0,191	0,623	HOVL

D'après le tableau N°18, nous avons constaté qu'un (1) échantillon analysé de la région de Makouda appartient aux huiles d'olives vierges, contre quatre échantillons (2 de la région de Makouda et 2 de la région d'Ouaguenoun) des échantillons étudiés, classés dans la catégorie d'huile d'olive vierge courante et quatre échantillons restants (1 de Ouaguenoun et 3 de Iboudraren) classés dans la catégorie d'huile d'olive vierge lampante, impropre à la consommation, selon le **Conseil Oléicole International (2015).**

Conclusion

La qualité des huiles d'olive est un ensemble de caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques permettant le classement des huiles en différentes catégories. Cette qualité est influencée par plusieurs facteurs, tels que les techniques culturales, l'apport hydrique, la période de récolte, les techniques d'extraction et les conditions du stockage. Tous ces paramètres nécessitent une étude et une maitrise approfondies afin d'aboutir à une huile de bonne qualité.

Au cours de notre travaille nous avons réalisé une étude comparative entre les huiles d'olives produites dans trois régions (Makouda, Ouaguenoun, Iboudraren), en se basant sur la vérification de la conformité aux normes internationales dans le but d'évaluer la qualité des ces huiles.

L'étude a porté essentiellement sur les caractères physico-chimiques de ces huiles par des analyses relatives à la teneur en eau, les coefficients d'extinctions spécifiques K232 et K270, l'acidité libre, l'indice de peroxyde, l'indice de saponification, la teneur en chlorophylles et en caroténoïdes, la teneur en composés phénoliques et la composition en acides gras.

Les résultats de l'analyse de la teneur en eau et en matière volatiles des huiles d'olives, ressort que 100% des échantillons d'huile des deux régions (Makouda et Ouaguenoun) sont conformes à la norme. Par contre la région d'Iboudraren, présente 66,67% des échantillons conformes à la norme et 33,33% supérieures à la norme, induisant l'hydrolyse et l'oxydation de l'huile.

Les mesures spectro-photométriques à l'ultra-violet montrent que la totalité des échantillons d'huiles étudiées présentent des valeurs d'extinctions à 232 nm conforme à la norme fixées par le COI. Pour les valeurs d'extinctions à 270 nm la totalité (100%) des échantillons de Makouda et de Ouaguenoun présentent des valeurs conformes à la norme, contrairement aux échantillons de Iboudraren qui présentent seulement 33,33% des échantillons conformes et 66,67% non conformes. Sachant que l'ultra violet est influencé d'une manière très importante par le facteur région.

Le taux moyen d'acidité enregistré indique que les échantillons de la région de Makouda sont classés en deux catégories : 33,33% dans la catégorie d'huile d'olive vierge et 66,67% dans la catégorie d'huile vierge courante propre à la consommation en l'état. Les échantillons de la région de Ouaguenoun sont classés en deux catégories : 66,67% dans la

catégorie vierge courante propre à la consommation en l'état et 33,33% dans la catégorie vierge lampante impropre à la consommation. Par contre la région de Iboudraren la totalité (100%) des échantillons sont classés dans la catégorie vierge lampante impropre à la consommation.

Pour ce qui est l'indice de peroxyde, la totalité (100%) des échantillons des trois régions sont conformes à la norme du COI, avec des valeurs inférieures à 20 meqO_2/kg d'huile.

Les valeurs de l'indice de saponification montrent que 33,33% des échantillons de Makouda et 33,33% de Ouaguenoun ainsi que 66,67% des échantillons de Iboudraren, présentent des valeurs situées entre (184- 196) mg conformes aux normes du COI. Le reste du pourcentage, respectivement 66,67%, 66,67% et 33,33% non conforme à la norme.

Les huiles analysées montrent des teneurs faibles en chlorophylle et caroténoïde, ceci est due probablement au stade de récolte avancé, et aux mauvaises conditions de stockage et de trituration des olives (température et durée de malaxage).

Des teneurs faibles en composées phénoliques situées entre 19,748 ppm et 30,876 ppm, induisent des huiles plus sensibles à l'oxydation avec une diminution de sa valeur nutritionnelle.

La composition de ces huiles en acides gras se caractérise en majorité par des teneurs adéquates en acide oléique. Certains acides gras (linoléique, linolénique) présentent des teneurs élevées selon les normes du COI.

A travers cette étude, nous avons déduit que l'origine géographique (région) n'à aucune influence significative sur la qualité de l'huile d'olive de la willaya de Tizi-Ouzou, mais qui est fondamentalement affectée par le stade de récolte (indice de maturité des olives), la durée et les conditions de stockage ainsi que la date de trituration des olives. Cette influence est due également à la technique de récolte (pratique du gaulage) et aux taux d'infestation des fruits par les mouches d'olives (*Dacus Olea*).

Afin d'améliorer la qualité de toutes les huiles produites au niveau de la willaya de Tizi-Ouzou, il est important de respecter certaines recommandations à savoir :

- Respecter la période optimum de récolte (stade violet)
- Eviter l'utilisation du gaulage au moment de la récolte.
- Utilisation des caisses en plastique lors du stockage et du transport des olives.

- Diminuer la durée de stockage des olives chez l'oléiculteur.
- Conserver les olives dans un endroit frais et aéré, à l'abri des intempéries.
- Séparer les olives cueillies des olives ramassées au moment de la trituration.
- Stocker les huiles dans des récipients : des bouteilles en verre opaque, aux températures adéquates et à l'abri de la lumière.

Afin de compléter notre travail et mieux cerner les caractéristiques de nos échantillons, il est souhaitable de procéder aux analyses suivantes :

- Une analyse organoleptique pour compléter cette étude analytique.
- Dosage et quantification des tocophérols afin de mieux évaluer le pouvoir antioxydant.
- Dosage des métaux catalyseurs de l'oxydation principalement le fer et le cuivre qui peuvent provenir de diverses sources.
- Identification de la flore microbienne qui se développe durant le stockage des olives.
- La maitrise des techniques de production permet d'obtenir une huile de bonne qualité.

❖ **ADRIAIN J., POTUS J., POIFFAIT A. et DAUVILLIER P., (1998)-** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Ed Tec &Doc Lavoisier Paris. p : 53.

❖ **AFIDOL., 2011.** Les guides de l'AFIDOL. Protection raisonné et biologique enoléiculture. P.12. http//www.afidol.org.

❖ **AIT YACINE Z. (2001).**Etude des facteurs déterminants la meilleure période de récolte des olives. Olivae. N° 88. PP.39 – 45.

❖ **ALVES M., PINHERION, FERNANDA QUINTANTS, NORBERRTO A.R.C, MORIAS (1995).** Rapport entre l'indice de maturation et les processus chimiques déterminants des rendements et de la qualité de l'huile d'olive chez les variétés « Conserva DE Elvas » et « Bial de Castelo Branoco ». Olivae 57.

❖ **Argenson C., Regis S., Jourdain J.S., Vaysse P., 1999**. L'olivier. Édition Ctifl : centre technique interprofessionnel des fruits et légumes .Paris. PP.91- 182.

❖ **Assmann G., Wahrburg U., 2003**. Effets des composants mineurs de l'huile d'olive sur la santé (2^{iéme} partié).Institut de recherche sur l'athérosclérose. Université de Münster. Allemagne

❖ **APARICIO, R., FERRERO, L. and ALONSO, V. 1994.** Effect of climate on the chemical composition of virgin oil. Anal. Chem. Acta 292, 235, 241.

❖ **Baaziz C., Baghouil N., Guffens N., Geerts J., Sternotte V., Stassin M., Theys A, 2005.** Les matières grasses : Anges ou démons. P.17.

❖ **Barnat S., Damiens L., 2003.**Conférence Internationale sur les bénéfices santéde l'alimentation méditerranéenne. Journal de pédiatrie et de puériculture. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. P.343.

❖ **Bensnard G., Berville A, 2005**. Les origines de l'olivier (*olea europaea L.*) et des oléastres. Ed : AITAE, AEP.

❖ **Benabid H., 2009.**Caractérisation de l'huile d'olive algérienne apports des méthodes chimiométrique. Thèse de doctorat en Sciences Alimentaires. Université

Mentouri de Constantine institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (inataa). P. 38.

❖ **BEN HASSIN K., BOUCHOUCHA S., KAMOUN N., (2009**)-Impacte de la variété et du système d'extraction de l'huile d'olive sur les préférences consommateur. Institue de l'olivier de Sfax et Institue nationale agronomique de Tunisie. Tunisie.

❖ **Benlemlih M., Ghanam J., 2012.**Polyphénols d'huile d'olive trésors et santé. Polyphénols aux actions antioxydants, anti-inflammatoires, anticancéreuses, antivieillissement et protectrices cardiovasculaires. Édition marcopietteur. Belgique. PP. 11-57.

❖ **Benrachou N., 2013.**Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est Algérien. Thèse de Doctorat en Biochimie Appliquée. Université Badji Mokhtar Annaba. P.37.

❖ **BOSKOU, D. (1996**). Olive oïl: chemistry and technology (1st edition). Champaign Illinois: American oil chemist's society. USA. 268pages.

❖ **BOSKOU D., Blekas G. a Tsimidou M. (2006).** Olive oil composition dans D. Boskous. (ed), olive oil, chemistry and technology (2nd edition) champing limions: American oil chemists society. USA.PP 41 -72.

❖ **Boudhioua N**., **Ben Slimen** I., **Bahloul N**. et **Kechaou N**. (2008). Etude du séchage par infrarouge de feuilles d'olivier d'origine tunisienne. Revue des Energies Renouvelables SMSTS' Alger : 111-116.

❖ **COI., 1997.Normes internationales commerciales de l'huile d'olive et l'huile de grignon d'olive.**

❖ **COI., (1998).** L'olivier, l'huile – olive. Madrid/ Espagne.

❖ **COI.(1999).,** Norme commerciale applicable à l'huile d'olive et à l'huile de grignon d'olive. Doc. COI/ T.15/NC n° 2/ Rév.9.

❖ **COI., (2001)**.Norme commerciale applicable à l'huile d'olive et à l'huile de grignons d'olive.COI/T.15/NC nº 2/Rév. 10.

❖ **COI., (2003)**.Normes commerciales applicables aux huiles d'olives et aux huiles de grignons d'olive.COI/T.15/NC nº 3/Rév. 1.

❖ **COI., (2006).**Guide de gestion de la qualité de l'industrie de l'huile d'olive : les moulins T. 33/Doc. nº 2-4.

❖ **C.O.I., (2008)-** Conseil Oléicole International. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive.

❖ **C.O.I., (2009)-** Conseil Oléicole International. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive*coi/t.15/nc nº 3/rév. 4.*

❖ **C.O.I., (2012)-** Conseil Oléicole International. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. *coi/t.15/nc nº 3/rév. 7.*

❖ **C.O.I., (2013)-** Conseil Oléicole International. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive.

❖ **C.O.I.,(2013)-**Consommation**.** www.internationaloliveoil.org/documents/viewfile/4191-consommation1-ang.

❖ **COI., 2014.**Le monde oléicole. Huile d'olive et la santé. L'huile d'olive et ses propriétés antioxydants. http://www.internationaloliveoil.org/

❖ **Carriere F., 2013.** Mieux connaître l'huile d'olive. La Genêtière, 84850 Travaillant, France. P.18. http//www.genestiere.fr.

❖ **CARDONA F., ANDRES-LACUEVA C., TULIPANI S., J. TINAHONES F. ET QUEIPO-ORTUÑO M. I., (2013)-**Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. Reviews: current topics, Journal of Nutritional Biochemistry 24:1415–1422.

❖ **CEE, (1991). Régulation 2568/97 off. J'Eur. communités El Antari A. Hilal, A. Boulouha,B.et El Mouden, A. (2000).** Etude de l'influence de la variété de l'environnement et des techniques culturales sur les caractéristiques des fruits et la composition chimique de l'huile d'olive extra du Maroc. Oil - oae, n° 80p29 - 36.

❖ **CE., 2002.** Projet de norme pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive (A l'étape 6 de la procédure).Commentaires de la communauté européenne sur la lettre circulaire cl 2002/49-fo.

❖ **Chabour M., 2009.**Production d'huile d'olive en Algérie. Implications des normes commerciales internationales. Le trait d'union des opérateurs économiques pour le Renouveau du Monde Agricole et Rural. N° 4.P.11.

❖ **Chimi H., 2001.**Qualité des huiles d'olive au Maroc ; enquête nationale et analyse au laboratoire. Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA, transfert de technologie en Agriculture. N°79.

❖ **Chimi H., 2002.** Amélioration de la qualité de l'huile d'olive, restructuration et modernisation des unités de trituration des olives. Séminaire international sur l'olivier : Acquis de recherche et contraintes du secteur oléicole Marrakech. P.344.

❖ **Chimi H., 2006**.Technologie d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA, transfert de technologie en Agriculture. N°141.

❖ **CLAVÉ J., (2008)**-Quels avenirs pour les huiles d'olive des Alpes de Haute Provence, mémoire d'ingéniorat, Montpellier Sup Agro Institut des Régions Chaudes, France, p71.

❖ **Cuvelier M.E., Maillard M.N., 2012.** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. OCLVOL. N°19.

❖ **Conde, C., Delrot, S., a Geros, H. (2008).** Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. Journal of Plant physiology, 165, 1545 – 1562.

❖ **Criado, M.N. Morellc, J.R. Motilva, M.J. et Romero, M.P. (2004).** Effect of growing area on pigment and phenolic fractions of virgin olive oils of the Arbequina variety in Spain. Journal of american Oil Chemists Society, 81: 633-640.

❖ **D.S.A.T.O., (2015).** Direction de Services Agricoles de la willaya de Tizi – Ouzou.

❖ **Demnati D., 2008.**Élaboration d'une huile d'olive vierge. RABAT, Morocco Professeur à l'I.A.V. Hassan II (Rabat): Technologie Alimentaire, Analyse Sensorielle et Gestion de la Qualité.

❖ **D Barry N., (1999).** L'abécédaire de l'huile d'olive. Ed : Flammarion, France, page 86.

❖ **DIEFFENBACHER A. BUXTORF U. P. DERUNGS R. FRIEDLI R. GROB K. ZÜRCHER, K., (1998**)- Graisses comestibles, huiles comestibles et graisses émulsionnées. In Manuel suisse des denrées alimentaires. Ed MSDA. , p 149.

❖ **DUGO G., LO-TURCO V. et POLINCO D., (2004)-** caractérisation d'huile d'olive vierge sicilienne. Variation qualitative des huiles des fruits des cultivars « Biancolilla » « noellera delbelice » « cerasuala », « tondaiblea » et « crastu » en fonction des techniques et de l'époque de récolte des olives. *Olivae, N°101 : 44-52.*

❖ **EL Antari A., EL Mouoni A., Boujnah M., Cert A., Ajana H., 2002.**Region and watering frequency effects on quality and acid composition evolution Of Moroccan olive oil (var. Moroccan Picholine). NEW MEDII n°. 2. P.58.

❖ **EL Antari A., EL Moudniet A., Ajana H., 2002.** Influence de la variété et de l'environnement sur la composition chimique de l'huile d'olive vierge extra au Maroc. P.321**.**

❖ **EL Antari A., EL Moudni A., Ajana H., Marion C.H., Peres S., Profitt A., Ambrosino M.L., Sacchi R., 2003.**Vers une appellation d'origine contrôlée. Caractérisations chimiques et organoleptiques des huiles d'olive issues d'une région de la zone Sud du Maroc.NEW MEDIT N°4.P.37.

❖ **EL Murr M., 2005.** Applications des méthodes chimiométriques pour la caractérisation des huiles d'olive Libanaises en fonction des biotopes, Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (DEA) contrôle et gestion de la qualité "application à l'agroalimentaire". Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) Bureau Moyen-Orient. Liban. P.6.

❖ **FOURATI H., KHLIF M. et COSSENTINI M., 2003**. Etude comparative des caractéristiques pomologique et physico- chimique d'une trentaine de cultivars d'olives olivae N° 42, p22 – 35.

❖ **Garnier C., 2013.**Huiles d'olive**.** http://www.quechoisir.org.

❖ **Ghezlaoui M., (2011).** Influence de la variété, nature de sol et les conditions climatiques sur la qualité des huiles d'olives des variétés chemlal, sigoise et d'oleastre dans la wilaya de Tlemcen. Mémoire de magister. Université de Tlemcen, p213.

❖ **GOULD, W.A. (1992).** Total quality management for the food industries. Baltimore USA: CTI Publications.

❖ **GRAILLE J. (2003).** Lipides et corps gras alimentaires. Edition : Tee et Doc Lavoisier Paris : pp 4, 86 -74.

❖ **Granier G., 2005.**Obtention d'une huile d'olive vierge extrade hautes qualités nutritionnelles et organoleptiques. Université Montpellier. PP.12-30.

❖ **Gracia J-M., SELLER S. et PEREZ6CAMINO M-C ; (1996).** Influence of fruit ripenieg on olive oil quality. J. Agric Food Chem, N° 44,PP3516 – 3520.

❖ **Gracia A., Brenes M., Gracia P., Romero C., et Garrido A. (2003**). Phenolic content of commercial olive oils. European Food Research and Technology. 216 (6): pp520-525.

❖ **Gutierrez F., Jimenez B., Ruiz A. et albi M.A. (1999**). Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties Picual and Hojiblanca and on the different components involved. J Agric. Food Chemistry. 47 : 121-127.

❖ **Hilal A., Chemseddine M., Sekkat A., Tajnari., Ouguas Y., 2002**.Lutte intégrée contre les ravageurs de l'olivier .Séminaire international sur l'olivier : Acquis de recherche et contraintes du secteur oléicole Marrakech. P. 260.

❖ **Issaoui, M. Dabbou, S. Echbili, A. Rjiba, I. Gazzah, N. Trigui, A. et Hammami, M.(2007).** Biochemical characterisation of some Tunisia virgin olive oils obtained from different cultivars growing in Sfax National Collection. Journal of Food, Agriculture & Environnement, 5 (1): 17-21.

❖ **Jacotot B., (1996).**Huile d'olive et prévention. Nutrition et métabolisme des Lipides. P.7.

❖ **Janati Idrissi I., Rahmani M., Souizi A., 2012.** Etude du mécanisme de désactivation de l'oxygène singulet par les polyphénols lors de la photo oxydation de l'huile d'olive. P.46.

❖ **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brule G., 2007.**Science des aliments. Technologie des produits alimentaires. Edition TEC & DOC. Lavoisier. Paris. P.4.

❖ **Karleskind A., 1992.**Manuel des corps gras. Ed TEC et Doc. Lavoisier. Paris. P.12-19.

❖ **KIRITSAKIS, A. K. (1998).** Composition of olive oil. In olive from the tree to the table. Second Edition. Food and Nutrition Press, Ine. Trumbull, Connectieut, 006611, USA. pp. 113 -154.

❖ **Kler, J. (1992).** «Histoire des corps gras» In «Manuel des corps gras» KARLESKIND.A. Tome 1, Edition : Lavoisier, Paris, 10-11.

❖ **Lazzeri. Y., 2009.** Les défis de la mondialisation pour l'oléiculture méditerranéenne. L'olivier en Méditerranée, conférence Centre Culturel Français de Tlemcen – Algérie. Centre d'Études et de Recherches Internationales et Communautaires

(CERIC) – UMR CNRS 6201 - Faculté de Droit et de Science politique, Université Paul Cézanne Aix Marseille.

❖ **Leon Carralafuente E., 2003.**Les bienfaits del'huile d'olive. Diabète et société. V 48, N°4.PP.37.

❖ **Leray C., 2010.** Les lipides dans le monde vivant ; introduction à la lipidomique. Edition TEC & DOC, Lavoisier. Paris**. P.87.**

❖ **Loussert R., Brousse G., 1978**.L'olivier. Ed. Maisonneuvre G.P et Larousse. Paris.

❖ **Luaces, P., Pérez, A., et Sanz, C. (2003).** Role of olive seed in the biogenesis of virgin olive oil aroma. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 4741-4745.

❖ **MADR., (2014).** Minister de l'Agriculture et de Développement Rural**.**

❖ **MEDDOUR A., YAHIA M., BENKIKI N. ET AYACHI A., (2013)-** Etude de l'activité antioxydant et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du capparisspinosa L. Le banese Science Journal, Vol. 14, No. 1 : 49-60.

❖ **Meftah H., Latrache H., Hamad F., Hanine H., Zahir H., et EL Louali M., 2013.** Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olives issus de différentes zones de la région Tadla Azilal (Maroc).PP.4-5

❖ **Milhau B., 2013.**Passion olive. Acidité de l'huile d'olive. http:// www .passion olive. com.

❖ **MINGUEZ MOSQUERA M. I. et GANDUL-ROJAS B., (1996)-**Chlorophyll and carotenoid composition in vingin olive iols from various Spanish olive varietes. *J. Sci food Agric. N°, pp: 31-39.*

❖ **Moussa Y., Gerasopoulos G., M et zidakis T., Kintaskis A. (1996).** Effet of the altitude ou fruit and of quality of Masteroides olives.J. Sci. Food. Agric. 71 -345 -350p.

❖ **Ouaini N, Medawar S, Daoud R, Ouaini R, Chebib H., Rutledge D., Estephan N., 2005.** État actuel des huileries d'olive au Liban. Potentiel de production, new medit n°4.P.33.

❖ **Ouaouich A., ChimiH., 2007.**Guide du producteur de l'huile d'olive. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Vienne. PP. 8-17.

❖ **Pagès-xatart-parèsX., 2012**. Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). Editions T.I. P.18.

❖ **Pannelli, G. Servili, M. Selvaggini, R. Baldioli, M. et Montedoro, G.F. (1994).** Effect of agronomic and seasonal factors on olive (Olea europaea L.) production and on the qualitative characteristics of yhe oil. Acta Hortic, 356: 239-243.

❖ **PERRIN J.L., (1992)-**les composes mineurs et les antioxygenes naturels de l'olive et de son huile .Mise au point .*Rev..Fr. Corps Gras, .V39 : 25-32.*

❖ **Polese J.M., 2009.** Olivier pas à pas. Ed Edisud de la Lesse. PP. 20-21.

❖ **Psyllakis N, Mikros L, Kiritaskis A., 1980**. Caractéristiques qualitative d'huile d'olive et les facteurs qui influent sur ces caractéristiques. Acte du 3émé congr. Inter sur la valeur biologique de l'huile d'olive. 553- 565 pages.

❖ **RAHMANI M. et al., (1989)**- Phytooxydation des huiles d'olives. *influence de la composition chimique RFCG, N 25 9/10 : 355-360.*

❖ **Rahmani M., 1999.** Influence des ravageurs et des maladies de l'olivier sur la qualité des huiles d'olive vierges. Journée nationale sur la protection de l'olivier, MArrakech. P.63.

❖ **Rahmani M., 2008.**Traçabilité et production de l'huile d'olive vierge de qualité. La qualité et compétitivité des produitsagro-alimentaires. Actes de la table ronde, Produits de terroir du Tadla-Azilal. P.16.

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

❖ **RAYAN D.; ROBARDAS K.ET LAVEE S., (1998)**- Evaluation de la qualité de l'huile d'olive. *olivae, N°72: 23-38.*

❖ **RYAN D., ROBARDS K. ET LAVEE, S. (1998) -** Assessment of quality. *In olive oil*. Olivae 72: 23-41.

❖ **Sacchi, R. Mannina, L. Fiordiponti, P. Barone, P. Paolillo, L. et Patumi, M. (1998).** Characterization of Italian extravirgin olive oils using H-NMR spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 3947-3951.

❖ **Sherwin E. R., (1976).** Antioxidant for vegetable oils. Journal of the American chemicale society. 53p 430 -436.

❖ **SIFI S., BEN HAMIDA J. et AMAMOU T., (2001)**-Impact du système de trituration des olives sur la qualité d'huile d'olive obtenue .Olivae, 2001, N°84 :

33-38.

❖ **SOULHI A. (1990),** Contribution du laboratoire official d'analyses et de recherches chimiques de Casablanca a la promotion de la qualité de l'huile d'olive au MAROC. Revue de recherches agronomiques marocaine alawamia, (73), pp : 30 -40.

❖ **Tamburelli L., 2013.**L'huile d'olive aide la prévention de cancers et tumeurs. http://www. Oliving.fr.

❖ **Touitoul Y., 2005.**Biochimie : structure des glucides et lipides.Université Pierre et Marie Curie.P.35.

❖ **Tanouti K., ELAmrani A., Serghini-caid H., Khalid A., Bahetta Y., Benali A., Harkous M et Khiar M., 2010.** Caractérisation d'huiles d'olive produites dans des

coopératives pilotes (la krarma et kenine) au niveau du Maroc oriental. Les technologies de laboratoire, Volume 5, N°18 .PP.19-24

❖ **Tanouti K., Serghini-caidH., ChaiebE., Benali A., Harkous M., Etelamrani A., 2011.**Amélioration qualitative d'huiles d'olive produites dans le Maroc oriental. Les technologies de laboratoire, volume 6, n°22. PP.5-9.

❖ **UZZAN A., (1992)-** Olive et huile d'olive. *In Manuel des corps gras* .Ed Tec &Doc, Lavoisier, paris .pp221-228.

❖ **Veillet S., 2010.**Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : Entre Tradition et Innovation. Thèsedoctorat en Sciences, l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.Spécialité chimie.PP.11-33.

❖ **WOLLF, JP. (1991).** Manuel d'analyse des corps gras. Ed- Azoulay, Paris.

❖ **YE-JI L., MUTHU., ILL-MIN C.et PRAVEEN N., (2013) -** Polyphenol composition and antioxidant activity from the vegetable plant *Artemisia absinthium* L. *AJCS 7(12):1921-1926.*

Annexe 01: Détermination de la teneur en eau et matières volatiles :

Matériels :

- Balance analytique.
- Bécher.
- Etuve réglable à 103±2°C.

Mode opératoire :

- Régler l'étuve à 103±2°C ;
- Peser un bécher à vide après l'avoir lavé ; séché ; soit m_0 ce poids ;
- Peser 5 à 10 g d'huile d'olive dans ce bécher, soit m_1 le poids du bécher et huile ;
- Introduire le bécher contenant l'huile dans l'étuve pendant 1 heure ;
- Refroidir l'ensemble (bécher + huile) dans un dessiccateur ;
- Peser l'ensemble (bécher + huile), soit m_2 le poids de cet ensemble ;

$$\mathbf{H\ \%} = \frac{\mathbf{m_1 - m_2}}{\mathbf{m_1 - m_0}} \times \mathbf{100}$$

Où :

$\mathbf{m_0}$: masse en gramme du bécher ;

$\mathbf{m_1}$: masse en gramme du bécher et de la prise d'essai ;

$\mathbf{m_2}$: masse en gramme du bécher et du résidu de la prise d'essai après chauffage ;

Annexe 02 : Détermination de l'absorbance en ultraviolet :

Matériels :

- Spectrophotomètre pour mesurer des extinctions dans l'ultraviolet entre 220 et 360 nm, avec possibilité de lecture pour chaque unité nanométrique.
- Cuve en quartz prismatique, avec couvercle, de parcours optique de 1cm.

Réactifs :

- Hexane pur.

Mode opératoire :

- Dissoudre 0,1 g d'huile dans 10ml d'hexane pur ;
- Réglage de spectrophotomètre à 232 nm et à 270 nm ;

- Introduire les cuves à spectrophotomètre remplies, le blanc (hexane pur) puis les échantillons préparés un par un ;

L'extinction spécifique à une longueur d'onde est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{E_{1cm}\,(\lambda) = \frac{A_\lambda}{C \times D}}$$

Où :

E_{1cm} (λ) : extinction spécifique à la longueur d'onde ;

A_λ : densité optique à la longueur d'onde λ ;

D : épaisseur de la cuve en cm ;

C : concentration de la solution en g /100ml.

Annexe 03: Détermination de l'acidité :

Matériels :

- Balance analytique
- Erlen –meyer
- Burette de 25ml

Réactifs :

- Ethanol.
- Solution de KOH à 0,1N
- Phénophtaléine, solution à 10g/L dans l'éthanol.

Mode opératoire :

- Dans un Erlen Meyer 1, mettre 25 ml d'éthanol + 0,5 ml de phénolphtaléine, porté à ébullition.
- A température encore élevée, neutraliser avec précaution tout en agitant l'Erlen Meyer avec la solution à 0,1 mol/l de KOH jusqu'à apparition d'une coloration rose persistant pendant au moins 10 secondes.
- Dans un Erlen Meyer 2, peser 2,5g d'huile.
- Ajouter l'éthanol neutralisé (contenu de l'Erlen Meyer 1). Mélanger soigneusement.
- Porter le contenu à ébullition et titrer avec la solution de KOH, en agitant vigoureusement le contenu pendant le titrage.

- Arrêter le titrage quand la coloration rose persiste pendant au moins 10 secondes.
- Noter la chute de burette (volume de KOH).

L'acidité est exprimée par la relation suivante :

$$\textbf{Acidit}\text{é}(\%) = \frac{\mathbf{N \times V \times M}}{\mathbf{10m}}$$

Où :

N : normalité de KOH.

V : volume en ml de la chute dans la burette**.**

M : poids moléculaire de l'acide oléique (282,5g /mole).

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

Annexe 04: Détermination de l'indice de peroxyde :

Réactifs :

- Chloroforme
- Acide acétique
- Iodure de potassium KI (solution aqueuse saturée préparée juste avant son emploi (0,5g→ 1ml)
- Empois d'amidon à 1٪
- Solution de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$)à 0,01٪

Mode opératoire :

- Peser 2g d'huile dans un ballon ;
- Ajouter 10ml de chloroforme ; puis 15ml d'acide acétique ;
- Additionner 1ml d'iodure de potassium KI (solution aqueuse saturée préparée juste avant son emploi (0,5g→ 1ml)
- Boucher aussitôt le ballon ;
- Agiter le mélange pendant 1mn, le laisser à l'abri de la lumière pendant 5mn.
- Ajouter 75ml d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon à 1٪, la coloration bleu noirâtre apparaît ;
- Titre l'iode libéré jusqu'à la décoloration complète avec la solution de thiosulfate de sodium à 0,01N, soit V ce volume ;

- Faire en parallèle un essai à blanc sans matière grasse.

$$\mathbf{I_P\,(meqd'O_2\,/\,Kg)} = \frac{\mathbf{(V - V_0) \times N}}{\mathbf{p}} \times \mathbf{10^3}$$

Où :

I_p : indice de peroxyde ;

V : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour la prise d'essai ;

V_0 : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc ;

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,01N) ;

P : poids en gramme de la prise d'essai utilisée ;

Annexe 05: Détermination de l'indice de saponification :

Réactifs :

- Acide chlorhydrique HCL à 0,5N
- Potasse alcoolique (KOH) à 0,5N
- Phénophtaléine à 1N

Mode opératoire :

- Peser 2g d'huile et les introduire dans un ballon à col rodé ;
- Ajouter 25ml de potasse alcoolique (KOH) à 0,5N ;
- Porter à ébullition sous réfrigérant à reflux (avec un régulateur d'ébullition), pendant une heure, en agitant temps en temps ;
- Titrer à chaud l'excès d'alcalis de KOH avec l'acide chlorhydrique HCl (0,5N) en présence de phénophtaléine jusqu'à la décoloration complète ;
- Effectuer l'essai à blanc dans les mêmes conditions ;

L'indice de saponification est exprimé par la relation suivante :

$$\mathbf{I_S\,(mg\ /\ g)} = \frac{\mathbf{(V_0 - V_1) \times N \times E_g\,KOH}}{\mathbf{P}}$$

Où :

V_0: volume en ml de HCL utilisé pour l'essai blanc.

V_1 : volume en ml de HCL utilisé pour le titrage de la prise d'essai.

N : normalité de HCL (0,5).

Eg KOH : équivalent gramme de KOH (56 ,1 g/mol).

P : poids en gramme de la prise d'essai

Annexe 06: Détermination de la teneur en composés phénoliques :

Réactifs :

- Hexane
- Solution méthanol/eau (60/40)
- Eau distillée
- Folinciocalteu
- Solution de bicarbonate de sodium à 35%
- Acide gallique

Préparation de la gamme étalon de l'acide gallique

- Préparer une solution mère d'acide gallique à une concentration de 400ppm (0.01g d'acide gallique dans 100g de la solution méthanol/eau 60/40).
- Préparer à partir de la solution mère, des solutions diluées de 5 ml aux concentrations suivantes : 100ppm, 80ppm, 60ppm, 40ppm, 20ppm.
- Ajouter à chaque solution 0.5ml du Folinciocalteu.
- Ajouter 5ml d'eau distillée et 1 ml de la solution de bicarbonate de sodium à 35%.
- Laisser à l'obscurité pendant 2 heures, ensuite mesurer l'absorbance à 725nm.
- Réaliser en parallèle un essai à blanc.

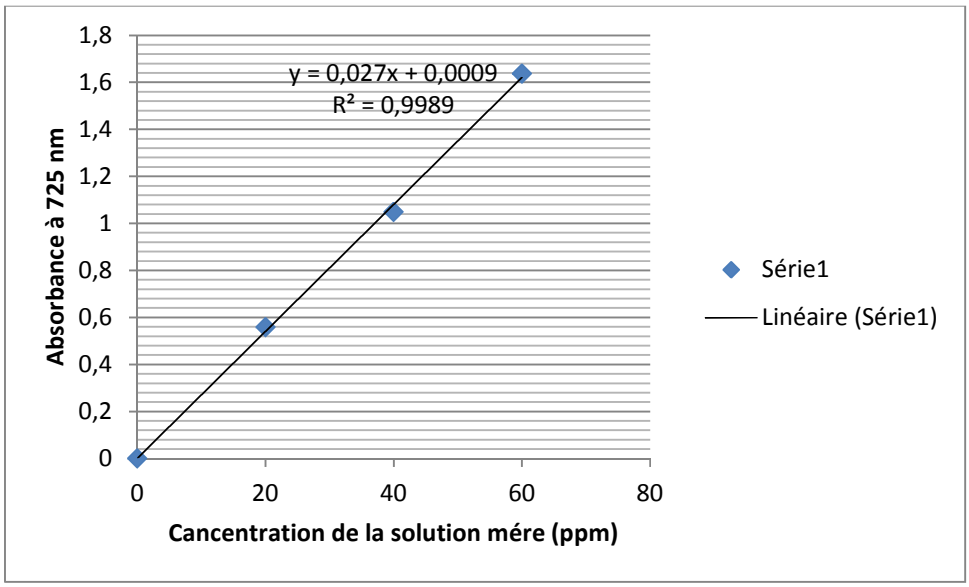
Extraction des composés phénoliques à partir de l'huile d'olive :

Le dosage des phénols totaux se faisant en milieu aqueux, ceux-ci doivent tout d'abord être extraits des huiles d'olive avant d'être dosés par le réactif de Folin-Ciocalteu (Box, 1983).

- Peser 2.5g d'huile d'olive, ajouter 5ml d'hexane et 5ml de la solution méthanol/eau (60/40).
- Agiter vigoureusement pendant 2 mn et laisser reposer jusqu'à séparation de deux phases (environ 5 minutes).
- Récupérer 5ml de la phase aqueuse, à l'aide d'une pipette, dans laquelle se trouvent les composés phénoliques.

- Ajouter 0.5ml du réactif de folin-ciocalteu, 5ml d'eau distillée et 1ml de la solution de bicarbonate de sodium.
- Laisser reposer pendant 2 heures à l'abri de la lumière.
- Mesurer l'absorbance à 725nm.
- Les résultats sont exprimés en mg d'acide gallique par kg de l'huile en se référant à une courbe étalon obtenue à partir de concentrations croissantes d'acide gallique allant de 0mg/kg à 100mg/kg.

Annexe 07: la courbe d'étalonnage des polyphénols



Annexe 08: Détermination de la chlorophylle :

Mode opératoire :

- Peser 7,5g d'huile d'olive le dissoudre dans 25 ml de cyclohexane.
- Mesurer l'absorbance à 670 nm.

Expression des résultats par la relation suivante :

$$\textbf{Chlorophylle}\left(\frac{\textbf{mg}}{\textbf{Kg}}\right) = \frac{\mathbf{A_{670} \times 10^6}}{\mathbf{613 \times 100 \times d}}$$

Où :

A : absorbance à la longueur d'onde indiquée ;

d : épaisseur de la cuve en cm.

Annexe 09: Détermination de caroténoïdes :

Mode opératoire :

- Peser 7,5g d'huile d'olive le dissoudre dans 25ml de cyclohexane.
- Mesurer l'absorbance à 470 nm.

Expression des résultats par la formule suivante **:**

$$\textbf{Caroténoïdes (mg/Kg)} = \frac{\mathbf{A_{470} \times 10^6}}{\mathbf{2000 \times 100 \times d}}$$

Où :

A : absorbance à la longueur d'onde indiquée ;

d : épaisseur de la cuve en cm.

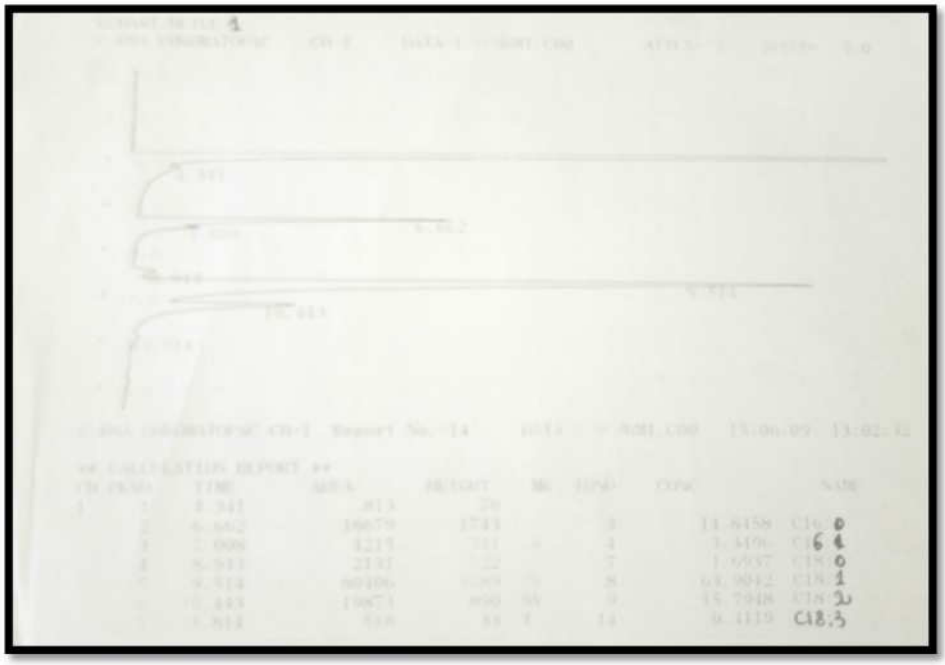
Annexe 10: Détermination de la composition en acides gras :

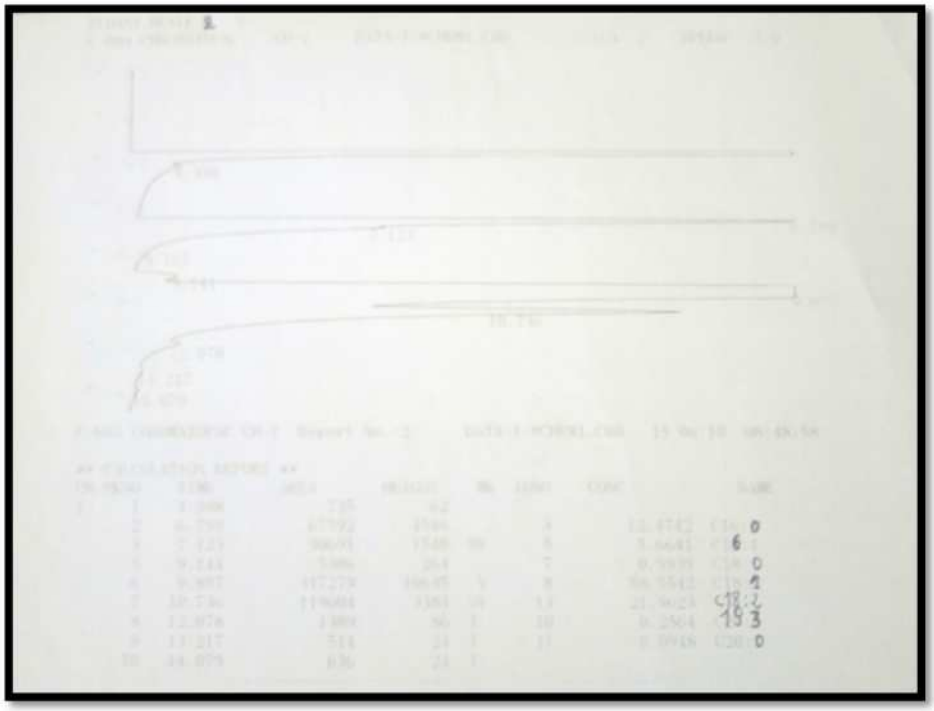
Mode opératoire :

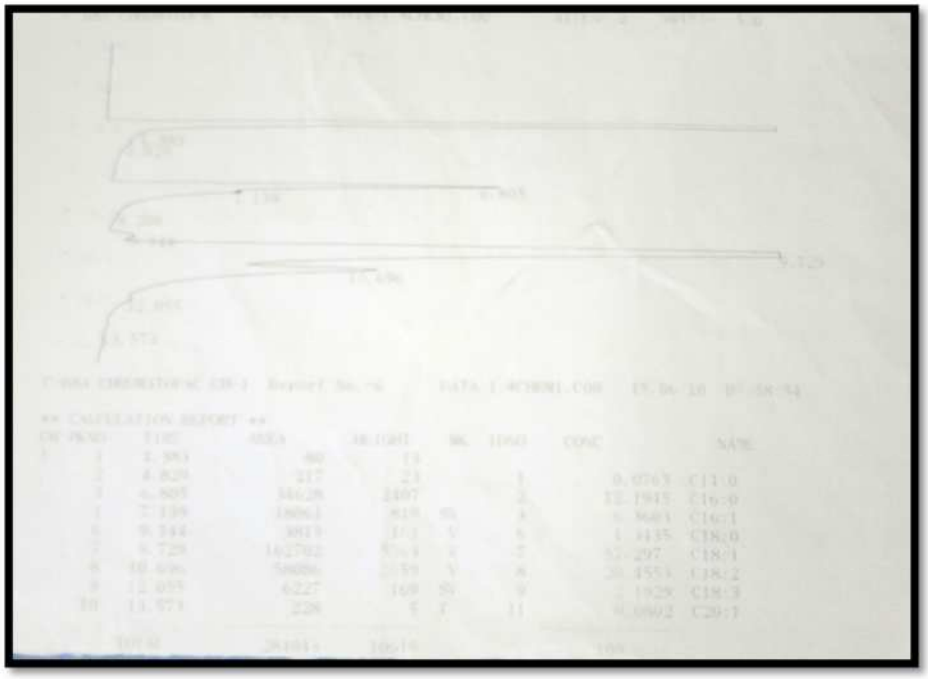
- **Préparation des esters méthyliques :**

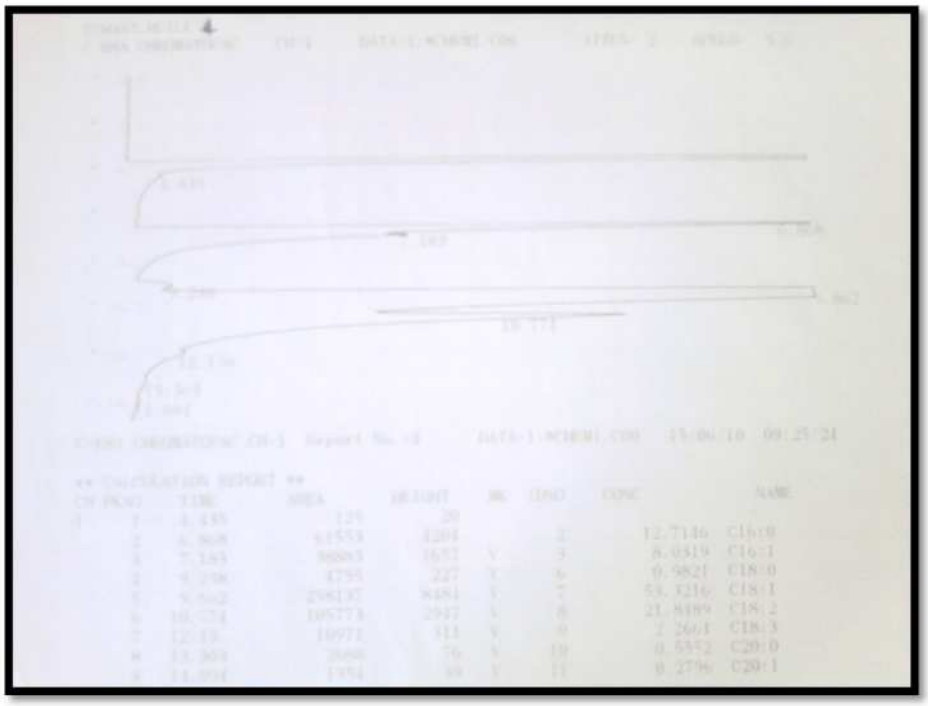
- Peser 0,2g de l'échantillon d'huile dans un tube à bouchon vissant muni d'un joint ;
- Ajouter 3ml d'hexane et agiter ;
- Ajouter 0,4ml de la solution méthanoïques d'hydroxyde de potassium à 2N.
- Fermer le tube avec le bouchon, l'agiter énergiquement pendant 30secondes.
- Les résultats sont donnés sous forme de chromatogramme ainsi que les différentes concentrations des acides gras.

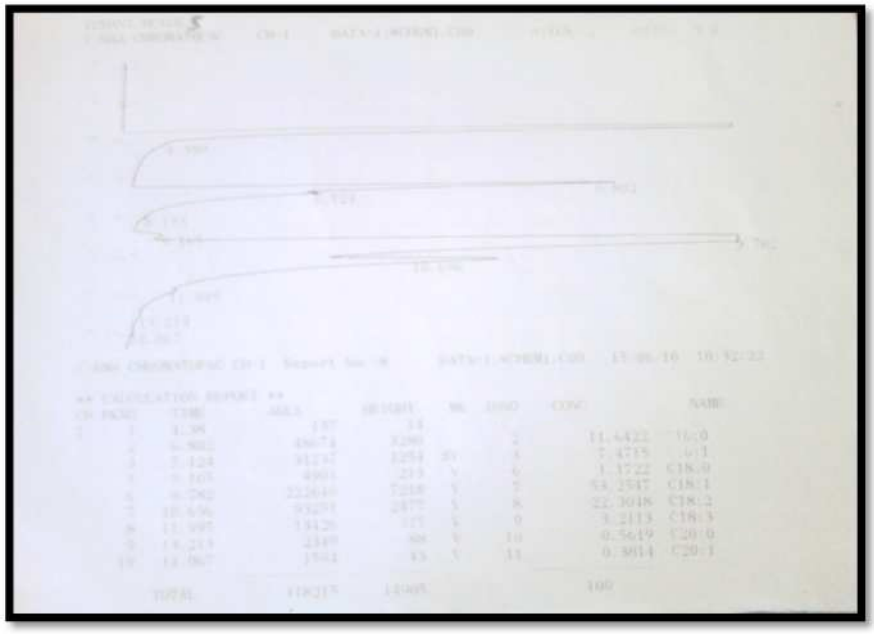
Annexe 11: Les résultats de l'analyse de la chromatographie en phase gazeuse

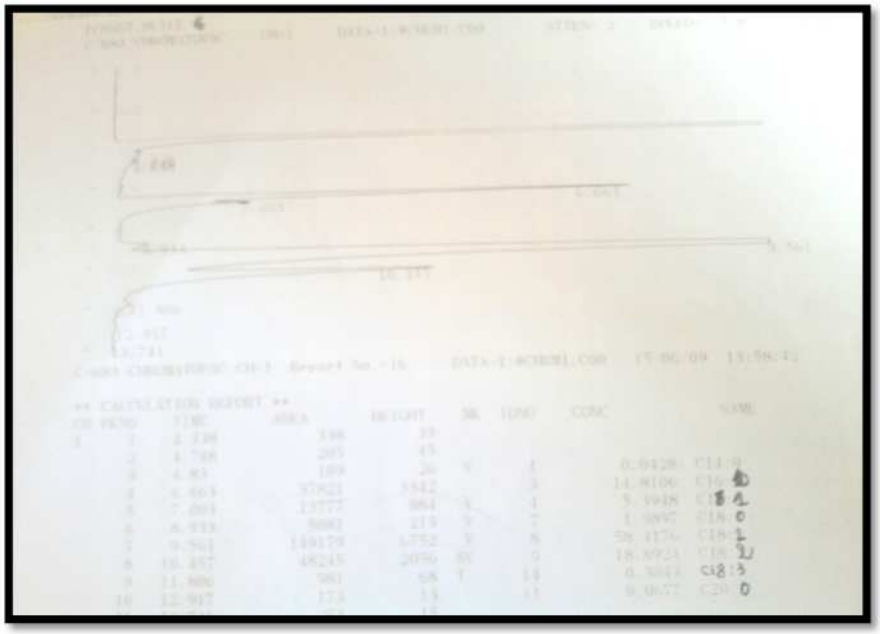


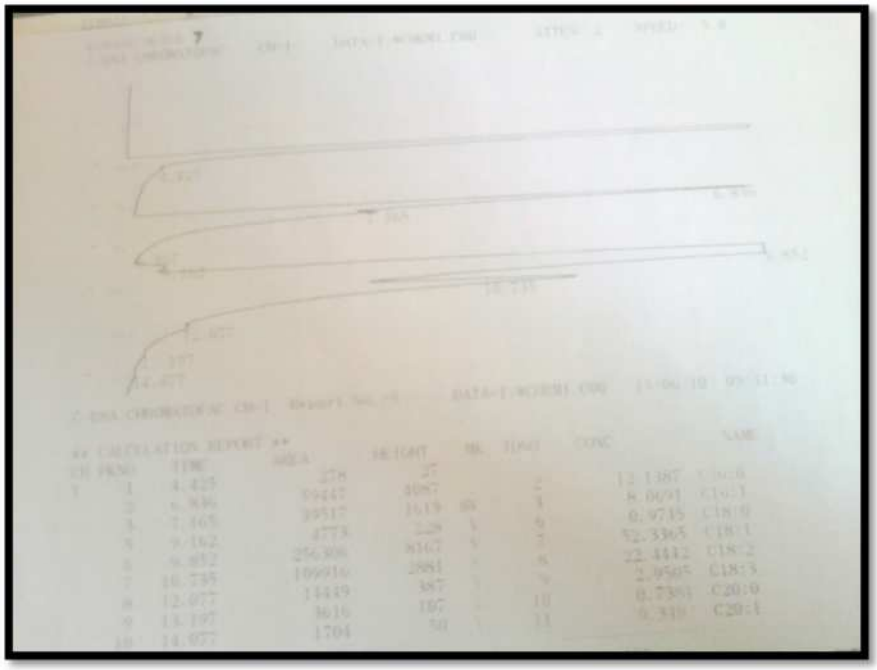


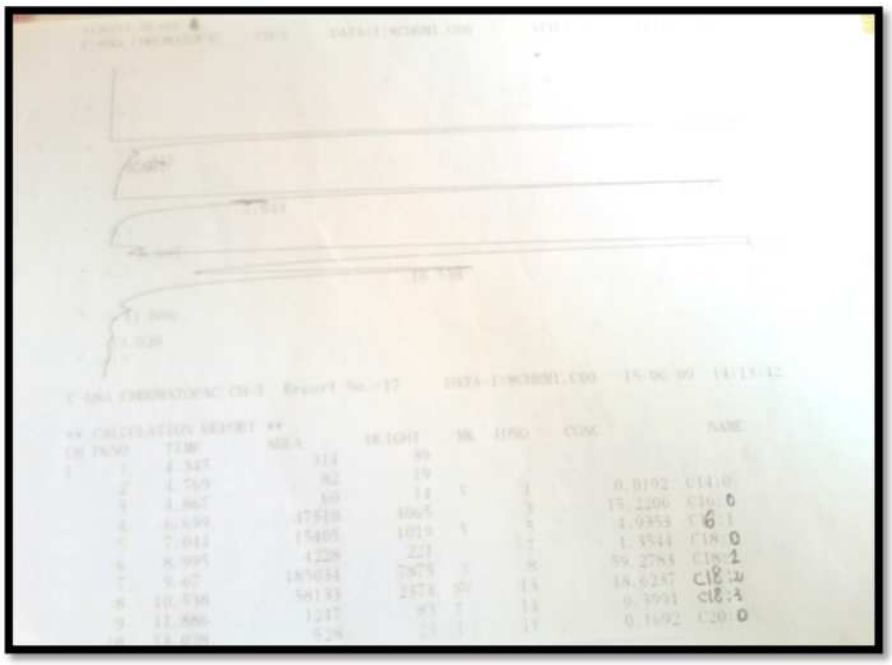


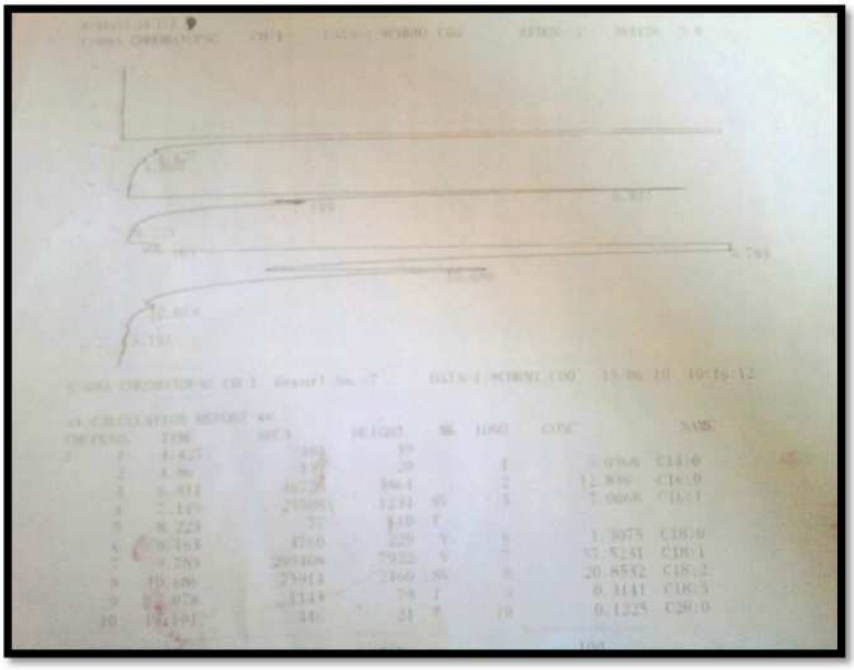












Annexe 12 : Conditions Opératoires pour les esters méthyliques :

Conditions chromatographiques pour esters méthyliques des huiles	
Chromatographe	**Chrompack CP 9002**
Détecteur **Injecteur** **Gaz vecteur**	**FID (280°C)** **SPLIT 1/ 100 (250°)** **Azote**
Colonne **Capillaire** **Longueur**	**Cp Sil 8 CB (5% Phenyl +** **95% dimethylpolysiloxane) 30m** **30m**
Diamètre **intérieur**	**0,32 mm * 0,25 UM**
Epaisseur **Injecteur** **Détecteur**	**0,25µm** **250 °C** **280°C**
Four	**190°C**
Quantité injectée **Vitesse du papier**	**0,5 µl** **0,5 cm/ mn**

Annexe 13 : Analyse de la variance de la teneur en eau des échantillons d'huile d'olive.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,156	8	0,02				
VAR.FACTEUR 1	0,034	2	0,017	0,831	0,48268		
VAR.RESIDUELLE 1	0,122	6	0,02			0,143	73,43%

Annexe 14: Analyse de la variance de l'UV à 232nm des échantillons d'huile d'olive.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,033	8	0,004				
VAR.FACTEUR 1	0,033	2	0,016	494,335	0,00001		
VAR.RESIDUELLE 1	0	6	0			0,006	0,86%

Test de NEUMAN-KEULS au seuil 5% pour l'UV à 232nm

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	R1	0,756	A	
3.0	R3	0,626		B
2.0	R2	0,625		B

Annexe 15: Analyse de la variance de l'UV à 270nm des échantillons d'huile d'olive.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,013	8	0,002				
VAR.FACTEUR 1	0,011	2	0,005	15,386	0,00491		
VAR.RESIDUELLE 1	0,002	6	0			0,018	9,38%

Test de NEUMAN-KEULS au seuil 5% pour l'UV à 270nm

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	r1	0,242	A	
3.0	r3	0,191		B
2.0	r2	0,159		B

Annexe 16: Analyse de la variance de l'acidité des échantillons d'huile d'olive**.**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	29,548	8	3,693				
VAR.FACTEUR 1	17,811	2	8,905	4,553	0,06268		
VAR.RESIDUELLE 1	11,737	6	1,956			1,399	38,91%

Annexe 17: Analyse de la variance de l'indice de peroxyde des échantillons d'huile d'olive.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	93,304	8	11,663				
VAR.FACTEUR 1	17,94	2	8,97	0,714	0,52992		
VAR.RESIDUELLE 1	75,364	6	12,561			3,544	28,40%

Annexe 18: Analyse de la variance de l'indice de saponification des échantillons d'huile d'olive.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1078,785	8	134,848				
VAR.FACTEUR 1	343,112	2	171,556	1,399	0,31768		
VAR.RESIDUELLE 1	735,673	6	122,612			11,073	5,61%

Annexe 19: Analyse de la variance de la teneur en chlorophylles des échantillons d'huile d'olive

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,599	8	0,325				
VAR.FACTEUR 1	1,179	2	0,59	2,491	0,16254		
VAR.RESIDUELLE 1	1,42	6	0,237			0,486	40,53%

Annexe 20: Analyse de la variance de la teneur en caroténoïdes des échantillons d'huile d'olive

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,484	8	0,061				
VAR.FACTEUR 1	0,246	2	0,123	3,103	0,11836		
VAR.RESIDUELLE 1	0,238	6	0,04			0,199	27,56%

Annexe 21: Analyse de la variance des polyphénols des échantillons d'huile d'olive.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	477,593	8	59,699				
VAR.FACTEUR 1	187,376	2	93,688	1,937	0,22409		
VAR.RESIDUELLE 1	290,217	6	48,37			6,955	27,17%