

UNIVERSITE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département de biotechnologies

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Amélioration Des Productions Végétales

EFFET DES DIFFERENTES PERIODES DE RECOLTE SUR LA VALORISATION
DE L'HUILE D'OLIVE

Par

Bilal MEDJAHDI

Devant le jury composé de :

BENCHABANE M.	Pr	U Blida1	Président
BOUTEKRABT A.	Pr	U. Blida1	Promoteur
BITAM A.	MCA	ENSA EL Harrach	Examineur
HADJ SADOK T.	MCA	U. Blida1	Examineur

Blida Juin 2015

RESUME

Notre travail est basé sur l'étude du changement de quelques paramètres physico-chimiques et des acides gras de l'huile d'olive pendant trois dates de récolte afin d'établir un temps optimum de cueillette pour les variétés chemlal, sigoise et picual.

Les résultats ont montré qu'avec une maturation plus avancée, il y avait une augmentation du poids frais et sec, rapport pulpe/noyau, teneur en huile/poids frais, teneur en huile/poids sec, l'acidité et l'indice de peroxyde.

Les extinctions spécifiques à 232 nm et 270 nm n'ont pas montré une tendance claire pendant la maturation chez les deux variétés chemlal et sigoise. Contrairement au picual qui a enregistré une diminution en valeurs pour l'extinction spécifique à 232 nm et une certaine stabilité pour l'extinction spécifique à 270 nm.

La composition en acides gras, relativement associée à la stabilité de l'huile montre des changements selon les stades de maturité et les génotypes.

A travers tous les paramètres étudiés, nous avons constaté que les indices de maturité 3.76, 3.74 et 3.89 chez les variétés chemlal, sigoise et picual respectivement semblent idéals pour la récolte de ces variétés dans la wilaya de Sidi Bel Abbes afin d'obtenir une huile de qualité en quantité.

Titre : Effet de différentes périodes de récoltes sur la valorisation de l'huile d'olive.

Mots clés : Olive (*Olea europea L.*), huile d'olive, chemlal, sigoise, picual, date de récolte, qualité, quantité

ملخص

كان عملنا مركزا على دراسة بعض الخصائص الفيزيوكيميائية والأحماض الدهنية لزيت الزيتون، وفقا لثلاث مراحل مختلفة من نضج الزيتون، وهذا للتمكن من معرفة الوقت الأمثل لجني الثمار لكل من النوعيات شمالال، سيقواز وبكوال.

بينت النتائج المحصل عليها أن كل من الوزن الطازج، الوزن الجاف، معامل اللب/النواة، كمية الزيت/الوزن الطازج، كمية الزيت/الوزن الجاف، معامل الأكسدة ومعيار البيروكسيد يزداد مع تقدم الثمار في النضج.

بالنسبة لمعيار الامتصاص تحت الأشعة البنفسجية، فلم تعطي أية اتجاهات واضحة لشمالال وسيقوار، على غرار نوعية بيكوال التي سجلت انخفاضا في المعيار k232 وبعض الاستقرار في k270

مكونات الأحماض الدهنية، والمتعلقة باستقرار طبيعة زيت الزيتون بينت بعض التغيرات على حسب مراحل نمو الثمار ونوعية الزيتون.

تبعا للمعايير المدروسة، فقد كانت مؤشرات النضج 3.76، 3.74 و3.89 بالنسبة لشمالال، سيقواز وبيكوال على التوالي هي الأوقات المناسبة لهاته النوعيات عل مستوى ولاية سيدي بلعباس، وهذا من أجل الحصول على كمية معتبرة من زيت زيتون ذو نوعية جيدة.

العنوان: تأثير مختلف مراحل الجني على تقييم زيت الزيتون.

كلمات البحث : الزيتون، زيت الزيتون، شمالال، سيقواز، بكوال، وقت الجني، نوعية، كمية.

ABSTRACT

Our work is based on the study of the change of some physico-chemical parameters and fatty-acids of the olive oil during three harvest dates olives in order to establish an optimum time of gathering for the chemlal, sigoise and picual varieties.

The results showed that with a more advanced maturation, there was an increase in the fresh and dry weights, flesh / pit ratio, content of oil/fresh weight, content of oil/weights dry, the acidity and of the peroxide index.

The extinctions specific to 232 nm and 270 nm did not show a clear tendency during maturation at the two varieties chemlal and sigoise, contrary to the picual which recorded a reduction in values for the extinction specific to 232 nm and a certain stability for the extinction specific to 270 nm.

The composition in fatty-acids, relatively associated with the stability of oil show changes according to the stages of maturity and the genotypes.

Through all the studied parameters, we noted that the maturity index 3.76,3.74 and 3.89 of the varieties chemlal, sigoise and picual respectively seem idéals for harvests these varieties in the wilaya of Sidi Bel Abbes in order to obtain an oil of quality in quantity.

Title : Effect of various periods of harvests on the valorization of the olive oil.

Keywords: Olive (*Olea europea L.*), olive oil, chemlal, sigoise, picual, harvest date, quality, quantity.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord je remercie le Bon Dieu qui m'a donné la volonté et l'énergie de réaliser ce travail.

Toute ma gratitude va au professeur BOUTEKRABT Ammar pour avoir accepté d'être mon promoteur. Je lui suis également reconnaissant pour la disponibilité dont il a su faire preuve à mon égard ; pour les conseils éclairés pour les encouragements permanents qu'il m'a prodigués durant cette longue période.

J'exprime mes vifs remerciements au Pr. BENCHABANE Messoud de me faire l'honneur d'accepter la présidence du jury.

Mes vifs remerciements s'adressent au Monsieur BITAM qui me fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je remercie très sincèrement Monsieur HADJ SADOK d'avoir accepté de juger ce travail.

J'adresse un grand remerciement à Mr MENDIL, Directeur Général de l'ITAF pour toutes les aides qu'il m'a apporté .Qu'il trouve ici l'expression de ma plus haute considération, à tout le personnel qu'il dirige et plus particulièrement les collègues :

-de la ferme de démonstration de Mohammadia (Mr. DERRI, Mr, DRAOUI, Mr KHELOUFI, Melle BENFETTA, Mme SALLAOUI, Melle BOUCHI et BENCHERIF Nassima) sans oublier Mr. KADOUS.

-de la ferme de démonstration de Sidi Aich (Mr. SAIBI, Mr SEBAI, Mlle KECIRI,...)

-du laboratoire central (Mme ZIAT, Mr. KOCEILA, Mme RADJI,...) ; pour leur aide, leurs encouragements et leur soutien moral.

Un grand merci à Mr CHIALI (Sidi Bel Abas) et Mr BELGROUNE (Boukhanifis ; W. Sidi Bel Abas), pour l'intérêt, ses soutien et la confiance qu'ils me donnent au sein de leurs vergers.

Aussi, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

RESUME

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

INTRODUCTION.....	10
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	13
1. Importance économique de l'olivier.....	13
1.1 Origine et expansion de la culture de l'olivier.....	13
1.2 L'oléiculture dans le monde.....	14
1.3 L'oléiculture en Algérie.....	17
2. Généralité sur l'olivier.....	22
2.1 Classification botanique de l'olivier.....	22
2.2 Caractéristiques morphologiques.....	23
2.3 Caractéristiques physiologiques.....	24
2.4 Exigences climatiques et édaphiques de l'olivier.....	27
3. Maturité des olives et l'huile d'olive.....	28
3.1 Généralité sur l'olive.....	28
3.2 Composition de l'olive.....	29
3.3 Evolution du fruit.....	29
3.4 Période optimale de récolte.....	31
3.5 Choix de la période optimale de récolte.....	37
4. Transformation des olives à huile.....	41
4.1 Processus d'élaboration de l'huile d'olive vierge.....	42
4.2 Stockage de l'huile.....	47
CHAPITRE II : PARTIE EXPERIMENTALE.....	48
1. Objectif de l'étude.....	48

2.	Présentation de la zone d'étude.....	48
3.	Matériel végétal.....	48
3.1	Variétés d'olive.....	48
4.	Echantillonnage.....	51
5.	Indice de maturité.....	51
6.	Les indices de quantité de l'huile d'olive.....	53
6.1	Poids frais et sec des olives.....	53
6.2	Rapport pulpe /noyau.....	53
6.3	Teneur en huile par rapport au poids frais et sec.....	53
7.	Les indices de qualité de l'huile d'olive.....	56
7.1	Les analyses chimiques.....	56
7.2	Les critères de pureté.....	59
8.	Analyses statistiques.....	63
	CHAPITRE III : PARTIE RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	64
1.	Indice de maturité.....	64
2.	Les indices de quantité de l'huile.....	64
2.1	Poids frais et sec des olives.....	64
2.2	Rapport pulpe /noyau.....	67
2.3	Teneur en huile par rapport au poids frais et sec.....	68
2.4	Etude de la Corrélacion entre les indices de quantités.....	72
3.	Les indices de qualité de l'huile.....	73
3.1	Analyses chimiques.....	73
3.2	Etude de la Corrélacion entre les indices de quantités.....	80
3.3	Critères de pureté.....	80
	CONCLUSION.....	91
	APPENDICES.....	94
	REFERENCES.....	107

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Propagation de L'olivier en Méditerranée.....	13
Figure 1.2	Diffusion géographique des aires agricoles.....	14
Figure 1.3	Production mondiale de l'huile d'olive et de graisses végétales.....	18
Figure 1.4	Répartition géographique du verger oléicole national.....	18
Figure 1.5	Répartition de la surface oléicole en Algérie.....	19
Figure 1.6	Production algérienne en huile d'olive.....	20
Figure 1.7	Evolution des principaux constituants de l'olive.....	31
Figure 1.8	Les trois stades de pigmentation de l'olive.....	32
Figure 1.9	Pourcentage de l'huile d'olive en fonction de la croissance en semaines.....	34
Figure 1.10	Coloration et niveau des polyphénols durant la maturation des olives.....	36
Figure 1.11	Différentes stades de maturité des olives en fonction de l'indice de maturité (IM).....	40
Figure 1.12	Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par la méthode de percolation.....	45
Figure 1.13	Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par la méthode de pression.....	46
Figure 1.14	Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par la méthode de centrifugation.....	46
Figure 2.1	les sites des variétés Chemlal, Sigoise et Picual.....	51
Figure 2.2	Les étapes de détermination de l'indice de maturité.....	52
Figure 2.3	Poids frais et sec des fruits.....	53
Figure 2.4	La détermination du rapport pulpe/noyau.....	53
Figure 2.5	Schéma du processus d'extraction par l'oléodoseur.....	54
Figure 2.6	Oléodoseur utilisé. (Station Expérimentale ITAFV de Sidi Aich -Béjaia).....	55
Figure 2.7	Le chromatographe en phase gazeuse	61
Figure 3.1	Evolution de l'indice de maturité au fur et à mesure de l'avancement de la maturation.....	64

Figure 3.2	Effet de la date de récolte sur le poids frais (100 fruits)...	66
Figure 3.3	Effet de la date de récolte sur le poids sec (100 fruits)....	66
Figure 3.4	Effet variétal sur le poids frais et sec (100 fruits).....	66
Figure 3.5	Effet de la date de récolte sur le rapport pulpe/noyau.....	68
Figure 3.6	Effet variétal sur le rapport pulpe/noyau.....	68
Figure 3.7	Effet de la date de récolte sur la teneur en d'huile/poids frais.....	70
Figure 3.8	Effet variétal sur la teneur en d'huile/poids frais.....	70
Figure 3.9	Effet de la date de récolte sur la teneur en d'huile/poids secs.....	71
Figure 3.10	Effet variétal sur la teneur en d'huile/poids secs.....	72
Figure 3.11	Effet de la date de récolte sur l'acidité libre.....	74
Figure 3.12	Effet variétal sur l'acidité libre.....	75
Figure 3.13	Effet de la date de récolte sur l'indice de peroxyde.....	77
Figure 3.14	Effet variétal sur l'indice de peroxyde.....	77
Figure 3.15	Effet de la date de récolte sur l'extinction spécifique à 232 nm.....	79
Figure 3.16	Effet variétal sur l'extinction spécifique à 232 nm.....	79
Figure 3.17	Effet de la date de récolte sur l'extinction spécifique à 270 nm.....	79
Figure 3.18	Effet variétal sur l'extinction spécifique à 270 nm.....	80
Figure 3.19	Compositions des esters méthyliques en acides gras de l'huile d'olive.....	82
Figure 3.20	Effet de la date de récolte sur l'acide palmitique.....	83
Figure 3.21	Effet de la date de récolte sur l'acide palmitoléique.....	84
Figure 3.22	Effet de la date de récolte sur l'acide stéarique.....	85
Figure 3.23	Effet de la date de récolte sur l'acide oléique.....	86
Figure 3.24	Effet de la date de récolte sur l'acide linoléique.....	87
Figure 3.25	Effet de la date de récolte sur l'acide linoléique.....	88
Figure 3.26	Effet de la date de récolte sur l'acide arachidique.....	89
Figure 3.27	Effet de la date de récolte sur l'acide gondoïque.....	90

Tableau 1.1	L'olivier dans le monde.....	15
Tableau 1.2	Distribution de l'olivier par continent et par système de culture.....	15
Tableau 1.3	Superficies de l'olivier dans le monde.....	16
Tableau 1.4	Production algérienne en olive 2010/2011.....	20
Tableau 1.5	Classification botanique de l'olivier.....	22
Tableau 1.6	Les principaux constituants chimiques de l'olive.....	29
Tableau 2.1	Les opérations appliquées sur les vergers de l'olivier...	49
Tableau 3.1	La corrélation entre les indices de quantités.....	72
Tableau 3.2	La corrélation entre les paramètres de qualité.....	80
Tableau 3.3	Compositions des esters méthyliques en acides gras de l'huile d'olive en au cours de la maturation des olives (%).	81

INTRODUCTION

L'olivier (*Olea europea L.*) occupe une place cruciale dans la vie de l'homme et qui reflète fidèlement le développement de la culture et de l'alimentation [1].

Sa culture est liée à la région méditerranéenne où elle revêt une grande importance économique, sociale et écologique. En effet, 95% des oliveraies mondiales se concentrent dans cette région. Comme conséquence des effets bénéfiques de l'huile d'olive sur la santé humaine, l'intérêt pour cette culture est grandissant, la consommation de l'huile d'olive s'est développée aussi dans les pays traditionnellement non producteurs comme les USA, l'Australie et le Japon [2].

Comme pour la plupart des pays méditerranéens, l'olivier occupe en Algérie une place de choix dans le processus de relance économique [3], il représente une place dominante sur l'ensemble du territoire national avec 40% de la superficie arboricole totale [4].

La politique nationale du renouveau agricole et rural prévoit de nombreuses mesures incitatives pour l'extension de l'oliveraie à travers le programme de plantation d'un million d'hectares :

- ❖ L'intensification des plantations avec l'introduction de nouvelles variétés prometteuses,
- ❖ La valorisation du verger oléicole existant,
- ❖ L'installation des huileries rénovées utilisant une technologie récente,
- ❖ L'application des bonnes pratiques d'élaboration basées sur l'amélioration de la qualité et la promotion des produits oléicoles.

Et tous cela, Afin d'assurer l'essor du secteur oléicole dans différentes régions potentielles dont l'objectif principal est d'augmenter la consommation.

L'huile d'olive est l'un des composants principaux du régime alimentaire méditerranéen; elle est considérée la meilleure pour ses caractéristiques organoleptiques, pour sa stabilité oxydante et sa composition chimique.

C'est pratiquement la seule huile végétale qui peut être consommée directement dans son état cru et qui contient les éléments alimentaires importants (vitamines, antioxydants, etc.).

L'huile d'olive vierge se compose de triacylglycérols (environ 97-98%), de quantités variables d'acides gras mineurs libres, des phospholipides et des triacylglycérols oxydés et environ de 1% de constituants non saponifiables de structure et de polarité diverses [5, 6].

La maturation des olives est une combinaison des changements physiologiques et biochimiques influencée par plusieurs conditions environnementales et culturelles [7, 8]. L'étape de maturité des olives est l'une des facteurs les plus importants liés à l'évaluation de la qualité de l'huile d'olive [9].

BELTRAN et *al.* [10] ont suggéré que la majorité des huiles d'olive produites n'appartiennent pas à la meilleure qualité commerciale car le fruit n'a pas été sélectionné au moment de récolte optimal. Ceci illustre la nécessité de déterminer une période appropriée de maturation de chaque variété pour la cueillette et le traitement.

La récolte est l'une des pratiques les plus importantes dans la culture d'olivier. Le choix de la période et de la manière de la faire peut considérablement affecter la quantité et la qualité de l'huile, de la production de l'année suivante et par conséquent du retour économique. Théoriquement, la période optimale de récolte est quand la quantité maximum et la qualité d'huile peuvent être obtenues. Cependant, la quantité maximale et la qualité ne coïncident pas toujours et dans ce cas, il doit décider de favoriser la quantité ou la qualité [11].

Les olives doivent être récoltées au moment où elles contiennent la plus grande quantité d'huile, de la meilleure qualité possible et lorsque les machines sont les plus efficaces. À cet effet, il est nécessaire de faire référence à l'évolution des paramètres qui caractérisent la maturation des olives.

Plusieurs auteurs ont montré l'influence du degré de maturité sur les caractéristiques de l'huile d'olive [12, 13].

La majorité des huiles d'olive en Algérie (particulièrement en Kabylie) sont obtenues avec des récoltes tardives. Les oléiculteurs pensent uniquement vers la quantité de l'huile d'olive.

Les travaux menés sur les dates optimales de récolte des variétés algériennes sont très restreints. Seules quelques études de BENGANAA et *al.* [12] sur la variété chemlal dans le nord algérien, et qui restent insuffisants vue la diversité variétale de l'olivier dans notre pays.

Ceci illustre la nécessité de déterminer la meilleure étape de maturation pour la cueillette et le traitement de chaque variété et au niveau de chaque zone qui correspond à celle où l'huile extraite est de bonne qualité avec une teneur élevée.

Pour cela, nous avons travaillé sur trois variétés : chemlal, sigoise et picual dans la zone de Sidi Bel Abbes, afin de déterminer une période optimale de récolte de ces trois variétés.

CHAPITRE 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Importance économique de l'olivier

1.1 Origine et expansion de la culture de l'olivier

D'après DE CANDOLLE in LOUSSERT et BROUSSE [14], l'olivier est originaire de la Syrie et l'Iran. De là, l'expansion de cette culture se fit d'Est en Ouest et se répandit dans tous le bassin Circum-Méditerranéen. Par la suite, soutenue par la reconnaissance de sa production et par les conditions environnementales favorables du climat méditerranéen, sa culture s'est diffusée au Maroc, en Algérie, en Tunisie et dans les oasis de la Libye. Après la découverte de l'Amérique, l'olivier a été diffusé dans le Sud - au Pérou, en Argentine, au Chili et en Uruguay - et dans le Nord - zones côtières du Mexique et des États-Unis - où il a trouvé son environnement idéal dans l'État de Californie.

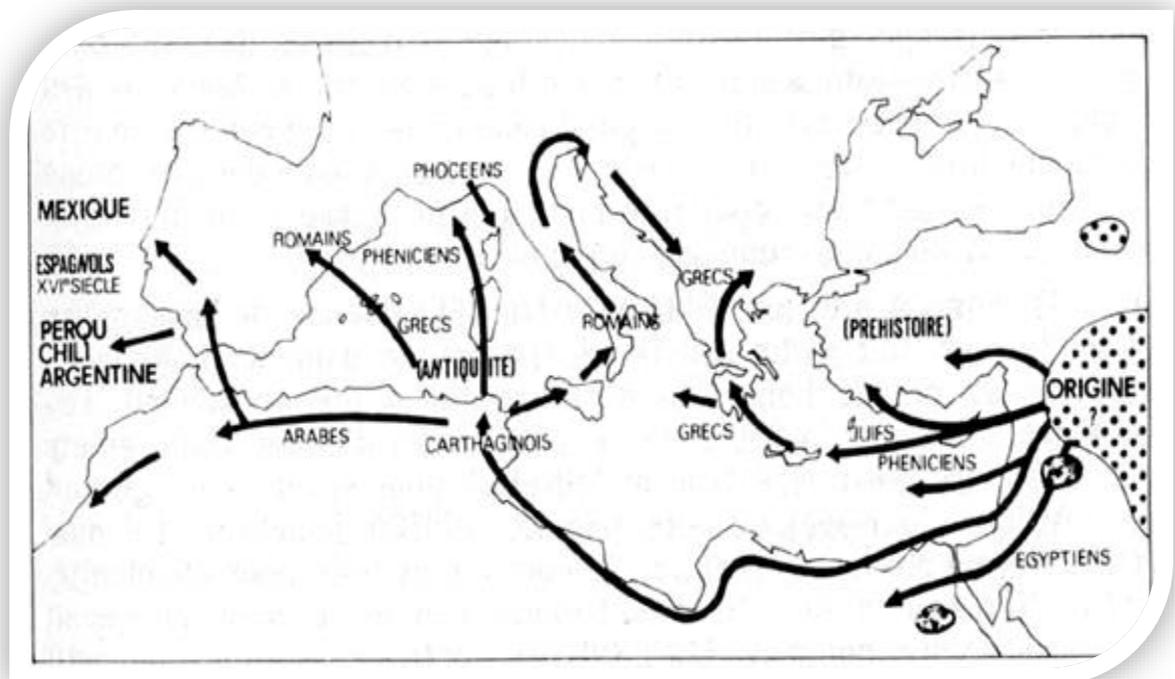


Figure 1.1 : Propagation de L'olivier en Méditerranée (LOUSSERT et BROUSSE, 1978)

Plus récemment, l'olivier a été introduit dans d'autres pays non traditionnellement producteurs ou consommateurs d'huile d'olive : il fait aujourd'hui l'objet d'une diffusion de plus en plus importante en Afrique du Sud, sur le littoral Australien, en Nouvelle-Zélande et en Chine.

Parmi les espèces d'arbres fruitiers, l'olivier est une plante qui, plus que les autres, occupe une place cruciale dans la vie de l'homme et qui reflète fidèlement le développement de la culture et de l'alimentation.

Plante fonctionnelle dans le système agricole de très nombreux pays, l'olivier a assumé durant des millénaires une grande importance économique et sociale et a acquis, grâce à sa longévité et à sa capacité d'adaptation, un rôle important comme partie intégrante du paysage et élément d'occupation d'environnement pédoclimatique également difficile [1].



Figure 1.2 : Diffusion géographique des aires agricoles (COI, 2010)

1.2 L'oléiculture dans le monde

1.2.1 Superficie

On compte actuellement 11 190 000 hectares avec plus de 900 millions d'oliviers cultivés à travers le monde (Tableau 1.1), mais le bassin méditerranéen

est resté sa terre de prédilection, avec près de 95 % des oliveraies mondiales [15, 16].

D'après YVON [17], plus de 85% des surfaces cultivées sont conduites en sec ; 75% des zones oléicoles sont situées sur des collines ou des montagnes et environ 70% des exploitations ont une surface comprise entre 1 et 5 hectares.

Les aires de production sont réparties comme suit :

- 82.4% des aires oléicoles correspondent à des oliveraies traditionnelles.
- 17.5% des aires oléicoles correspondent à des oliveraies intensives et super intensives (Tableau 1.2).

Tableau 1.1 : L'olivier dans le monde.

Surface totale complantée	11.19 millions d'hectares
Arbre en production	900 millions
Olives récoltées	140 millions tonnes
Huile d'olive produite	2.8 millions tonnes
Olives de table produites	1.8 millions tonnes

(COI, 2012)

Tableau 1.2 : Distribution de l'olivier par continent et par système de culture.

Surface Agricole utile %	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océan
Traditionnel (82.4%)	29	0.3	11.2	59.5	0
Intensive et super intensive (17.5%)	15.2	7.1	5.9	70.2	1.6

(COI, 2012)

Au sein du bassin méditerranéen, l'Europe représente 66% du verger oléicole mondial, loin devant l'Asie méditerranéenne (17%), et l'Afrique du Nord (14%) [17].

L'Espagne occupe la première place suivie de la Tunisie, de l'Italie, de la Grèce, de la Turquie, du Maroc, de la Syrie, du Portugal et de l'Algérie avec un taux de (2.87 %) (Tableau 1.3).

Le rendement annuel d'olives est estimé à plus de 10 millions de tonnes, où la plupart est employé pour la production de l'huile d'olive et moins de 10% consommé comme olive de table [18, 19].

Tableau 1.3 : Superficies de l'olivier dans les grands pays producteurs.

Pays	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Espagne	2 572 793	23.67
Tunisie	1 785 000	16.42
Italie	1 350 000	12.42
Grèce	1 160 000	10,67
Maroc	790 000	7,26
Turquie	768 946	7,07
Syrie	647 500	5,95
Portugal	358 513	3.29
Algérie	311 930	2.87
Libye	180 500	1.66
Egypte	66 000	0,60
Total monde	10 866 945	100

(COI, 2012)

1.2.2 Production et consommation mondiale en huile d'olive

La production de l'huile d'olive a connu une augmentation notable au cours des dernières décennies du vingtième siècle et cette évolution s'est poursuivie de

manière accentuée au début des années 2000 (Appendice B). L'augmentation de la production a été accompagnée d'un accroissement de la consommation dans tous les pays. La consommation de l'huile d'olive s'est renforcée dans les pays caractérisés par une tradition consolidée (pays producteurs) et a augmenté de manière significative dans ceux où la production est réduite voire inexistante en raison des caractéristiques de leur système agricole ou pour des limitations de caractère climatique (Appendice C).

La diffusion accrue de l'huile d'olive a été favorisée par la reconnaissance scientifique des propriétés sanitaires, thérapeutiques et gustatives de ce produit, qui s'est traduite par une demande croissante de cette matière grasse alimentaire dans tous les pays du monde. Toutefois, les vertus fondamentales de l'huile d'olive sont surtout liées à sa qualité élevée, en particulier lorsqu'elle correspond à la catégorie des huiles vierges extra.

L'augmentation de la production et de la consommation a donné lieu à l'intensification d'un commerce international où les quantités disponibles, la qualité, le coût de production, le prix du marché en gros, le prix de vente au consommateur sont des facteurs fondamentaux. Ces derniers, dans leur ensemble, contribuent à la compétitivité de l'oléiculture de chaque pays [2].

1.2.3 La place de l'huile /huiles végétales fluides alimentaires (HVFA)

La part de l'huile d'olive représente 3% de la production mondiale des principales huiles végétales fluides alimentaires (HVFA) (Figure 1.3).

La part du commerce international (exprimée en valeur) pour l'huile d'olive revient à 24.44% par rapport aux HVFA, soit un niveau supérieur à celui de l'huile de tournesol et de colza de la production mondiale [21].

1.3 L'oléiculture en Algérie

En Algérie, la culture de l'olivier constitue une composante importante du processus du développement durable, elle représente une place dominante avec 40% de la superficie arboricole totale.

L'oléiculture Algérienne est présente sur l'ensemble du territoire de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud (Figure 1.4).

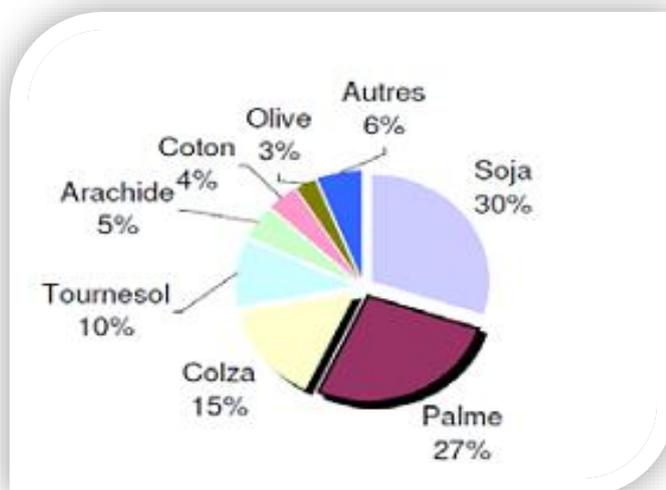


Figure 1.3 : Production mondiale de l'huile d'olive et de graisses végétales (AFIDOL, 2012)

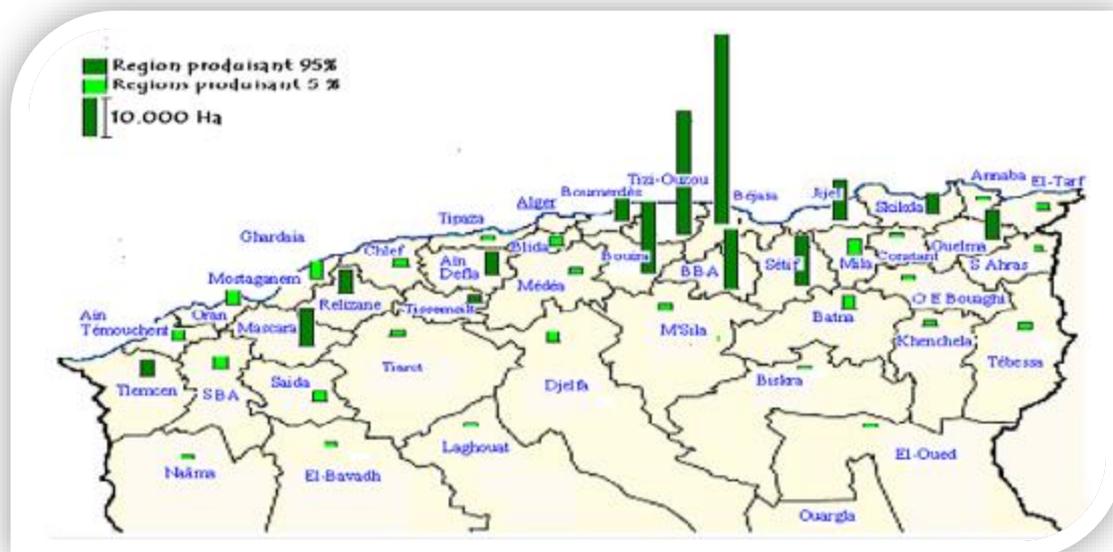


Figure 1.4 : Répartition géographique du verger oléicole national (MOUSSOUNI, 2005)

1.3.1 Superficie

L'olivier occupe environ 311 930 ha, avec près de 33 988 380 arbres dont 24 477 420 arbres en production. La restructuration du secteur agricole a permis d'augmenter de nouveau les surfaces oléicoles depuis l'entrée en vigueur du fonds national de régularisation et développement agricole (FNRDA) [23].

La surface oléicole est répartie sur quatre régions (Figure 1.5) :

- ❖ Région Est : 94.924 ha (25%)
- ❖ Région Centre : 142.627 ha (51 %)
- ❖ Région Oust : 63.148 ha (22 %)
- ❖ Région Sud : 11.231 ha (02%)

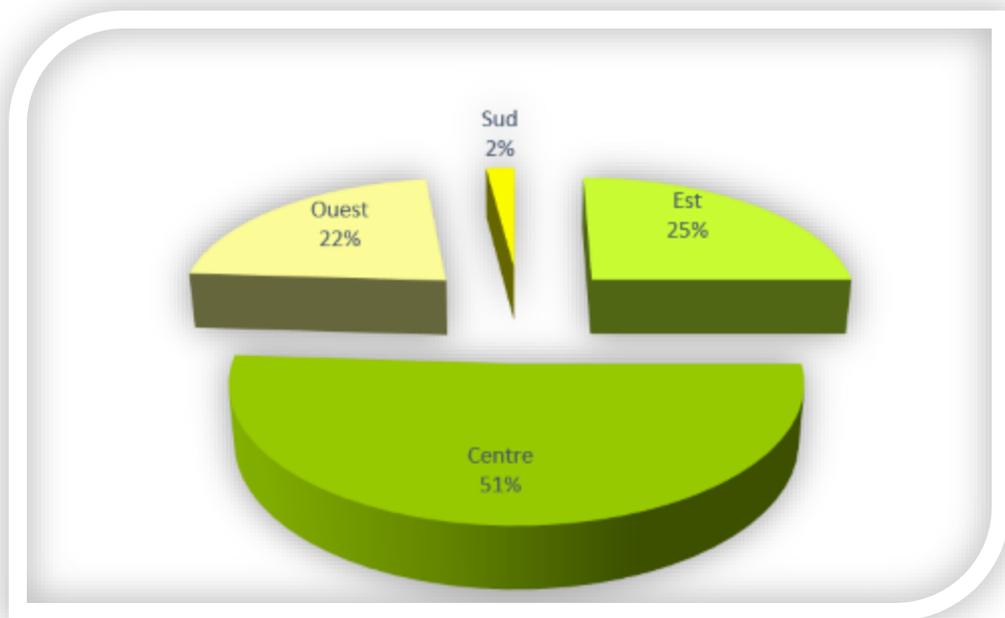


Figure 1.5 : Répartition de la surface oléicole en Algérie (MADR, 2011)

1.3.2 Production

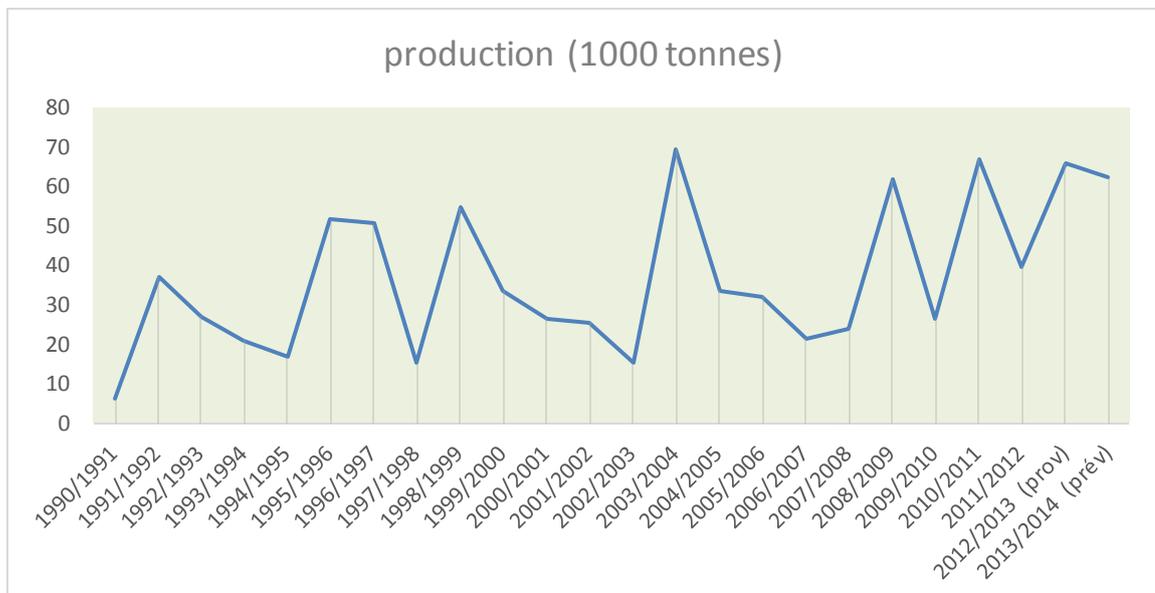
La production d'olives en 2010/2011 est de 6 107 755 quintaux, dont 68.43% est destinée à la production de l'huile et 31.56% à l'élaboration de l'olive de table [23]; avec une production de l'huile d'olive représentant 1.59% de la production mondiale (Tableau 1.4).

Tableau 1.4 : Production algérienne en olive 2010/2011.

Wilaya	Production d'olive			Rendement d'olive (Kg/arbre)	Production d'huile (HI)	Rendement de l'huile (Litres/quintal)
	pour la conserve (Qx)	pour l'huile (Qx)	Total Prod. Olives (Qx)			
Total Algérie	1 927 850	4 179 905	6 107 755	25,0	728 050	17,4

(MADR, 2011)

La production de l'huile d'olive est irrégulière ; elle varie d'une année à une autre (Figure 1.6), ces fluctuations sont souvent bisannuelles, elles sont dues d'une part au phénomène d'alternance de l'olivier et aux aléas climatiques principalement d'ordre hydrique (climat méditerranéen) caractérisé par de faibles pluies qui sont mal réparties au cours de l'année et souvent absentes durant les périodes critiques (juin-juillet). Ces fluctuations se répercutent directement sur le rendement en olives à l'hectare [25].

**Figure 1.6** : Production algérienne en huile d'olive (COI, 2014)

1.3.4 Consommation

La consommation algérienne de l'huile d'olive est passée d'une moyenne de 1% à 1.86% de la consommation mondiale au cours de cette décennie [26]. La consommation moyenne par habitant est d'environ 1.1 Kg/an. L'huile d'olive est consommée là où elle est produite ; toutefois l'installation des chaînes de conditionnement par les opérateurs privés a donné un certain essor à sa commercialisation dans les différentes régions du pays [27].

1.3.5 Structure variétale

Les plantations oléicoles renferment un assortiment assez riche de variétés marquant chacune les traits édaphiques et climatiques qui caractérisent sa zone d'implantation. Parmi ces variétés nous retenons principalement :

- ❖ Chemlal : variété la plus dominante en Kabylie, destinée à la trituration ; elle représente environ 40% du verger oléicole national s'étendant de l'Atlas et de la Mitidja jusqu'au Bibans et le Guergour. Arbre vigoureux et productif, le rendement atteint les 18-22%; d'une huile réputée de qualité avec des petits fruits ayant un poids moyen de 2,5 g. Elle est autostérile et toujours associée à d'autres variétés qui assurent sa pollinisation comme "Azeradj" et "Sigoise" ;

- ❖ Sigoise : Cette variété est la plus répandue dans l'Oranie. Elle est localisée principalement dans la plaine de Sig ; dont elle porte le nom avec près de 25% du peuplement d'oliviers. C'est une variété à double fins et appréciée pour sa qualité d'olive de table. En plus, les fruits sont assez gros, le poids varie de 3-3,5g et donne un rendement de 18% en huile ;

- ❖ Les variétés Azeradj et Bouchouk : Elles accompagnent généralement les peuplements de Chemlal dont Azeradj est utilisée comme pollinisateur. Ces variétés sont utilisées à doubles fins : huile et conserverie. Leurs teneurs en huile varient entre 22 et 28%.

- ❖ Les variétés Rougette et Blanquette de Guelma : Ces deux variétés à huile se trouvent en mélange dans les régions de l'est du pays. Les teneurs moyennes en l'huile sont d'environ 15%.

- ❖ Variété Sévillane et Gordal : Elles sont originaires d'Espagne, variétés à gros fruits, localisées dans la plaine sublittoral oranaise. Elles sont utilisées uniquement pour la production d'olives vertes de table.

La description des variétés d'olives cultivées en Algérie ayant déjà fait l'objet de nombreuses études, est souvent resté au stade préliminaire.

Les principales variétés algériennes sont en appendice D [3].

2. Généralité sur l'olivier

2.1 Classification botanique de l'olivier

Le tableau 1.5 donne les classifications botaniques telles que dressées par certains auteurs (LOUSSERT et BROUSSE [14] ; CRETE, 1965 ; DEMARLY et SIBI, 1996 in GHEZALI [28]).

Tableau 1.5 : Classification botanique de l'olivier.

Auteurs Classification	CEFFIRI et BREVIGLIERI, 1942 ; in LOUSSERT et BROUSSE, (1978)	CRETE, (1965)	DEMARLY et SIBI (1996)
Embranchement	Phanérogames	Phanérogames	Phanérogames
S/Embranchement	Angiospermes	Angiospermes	Angiospermes
Classe	Dicotylédones	Dicotylédones	Dicotylédones
S/Classe	-	Gamopétales	-
Série	<i>Sativa-Oléastre</i>	Hypogynes	-
S/Série	-	Bicarpellés	-
Ordre	-	Ligustrales	Ligustrales
Famille	Oléacées	Oléacées	Oléacées
Genre	<i>Olea</i>	<i>Olea</i>	<i>Olea</i>
Espèce	<i>Olea europaea</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Olea europaea</i>
S/Espèce	-Euromediterranea -Laperrinei -Cuspidata		-Euromediterranea -Laperrinei -Cuspidata -Cerasiformis

La famille des oléacées comporte environ 30 genres et 600 espèces (CRONQUIST, 1981 in FONTANAZZA et BALDONI [29]).

2.2 Caractéristiques morphologiques

❖ **Système racinaire :** Selon LOUSSERT et BROUSSE [14], le système racinaire de l'olivier est de type mixte. Le développement racinaire de l'olivier dépend des caractéristiques physico-chimiques du sol. Par ailleurs, d'après NURHAYAT [30], le développement, le taux de croissance des racines, leurs activités, le nombre de poils absorbants et la structure anatomique varient en fonction des variétés. Cependant, la constitution du système racinaire chez l'olivier dépend du procédé de multiplication dont il a fait l'objet. En effet, les jeunes plants issus de bouturage, présentent un système racinaire très développé avec trois ou quatre racines dominantes, pourvues d'un important chevelu. Par contre, si l'olivier est greffé sur oléastre, le système racinaire est pivotant et peut atteindre des profondeurs assez importantes [31].

❖ **Tronc et Charpentières :** Le tronc de l'olivier est un conglomérat de différentes sections indépendantes, il est de forme droite et circulaire chez les jeunes arbres, avec l'âge il donne naissance à des cordes, zones successives de dépressions conférant au tronc son aspect tourmenté [32].

Sur le tronc naissent les branches mères, leurs développements commencent dès les premières tailles, et leurs nombre dépendent du mode de conduite du verger. Sur les branches mères (charpentières), se développent les branches sous mères qui, suite à leurs nombreuses ramifications, développent la couronne de l'arbre.

❖ **Rameau fructifère :** Il s'agit du rameau de l'année, c'est lui qui porte les fleurs puis les fruits. Selon VILLEMUR et DOSBA (1997) in GHEZALI [28], ce rameau porte à son extrémité un bourgeon terminal qui possède 7 à 9 paires d'ébauches foliaires. Au niveau de chaque nœud on trouve deux feuilles axillaires opposées avec un bourgeon à l'aisselle de chacune d'elles. Il est délimité à sa base par un entre-nœud court qui marque la croissance hivernale.

❖ **Feuilles :** Les feuilles de l'olivier sont simples, entières, sans stipule avec un pétiole court, se distinguent par une couleur verte foncée à la face

supérieure et un aspect argenté à la face inférieure. Leur forme est généralement fusiforme et allongée, variable, selon les variétés et l'âge du plant, de même pour leurs dimensions [32]. Elles ont une durée de vie de trois ans, l'ensemble du feuillage persistant forme la frondaison [14].

❖ Inflorescences et fleurs : Les inflorescences sont constituées de grappes longues et flexueuses, pouvant compter de quatre à six ramifications secondaires. Le nombre total d'inflorescences, leurs répartitions sur les rachis et la longueur de l'inflorescence sont génétiquement déterminés pour chaque cultivar, et varient également d'une année à l'autre, selon l'état physiologique de l'arbre et les conditions climatiques [32]. La fleur de l'olivier comprend quatre sépales, quatre pétales, deux étamines et deux carpelles.

❖ Fruit et noyau : Le fruit est une drupe charnue, à noyau. Sa forme est très variable suivant les variétés. L'olive est généralement allongée et ovale, son diamètre est compris entre 1 et 3 cm [31]. De l'extérieur à l'intérieur nous distinguons :

Le péricarpe : change de couleur suivant le stade de maturité.

Le mésocarpe : représente la partie charnue riche en lipides.

L'endocarpe : constitué d'un noyau de forme sphérique, ovoïde elliptique ou allongé.

2.3 Caractéristiques physiologiques

2.3.1 Cycle de développement

D'après LOUSSERT et BROUSSE [14], le cycle de développement de l'olivier passe par quatre grandes périodes : juvénile, l'entrée en production, adulte et la période de sénescence.

La durée de chacune de ces périodes variera avec les conditions de culture des arbres et selon les variétés [14].

❖ Période juvénile

Elle concerne l'élevage et la croissance du jeune plant. Cette période commence en pépinière pour se terminer au verger, dès que le jeune arbre est apte

à fructifier. Durant cette phase se développent le système racinaire et les ramifications.

❖ Période d'entrée en production

Cette phase va de l'aptitude de l'arbre à produire, à l'établissement de productions régulières et importantes. Elle correspond à la période où le rapport C/N se rapproche de son équilibre. Elle intervient vers la dixième année.

❖ Période adulte

Durant cette période, l'olivier entre en pleine production. L'équilibre du rapport C/N doit être maintenu autour de l'optimum [14, 19].

❖ Période de sénescence

Elle correspond au vieillissement qui se caractérise par une diminution progressive des récoltes [14].

2.3.2 Cycle végétatif annuel

Le déroulement annuel du cycle végétatif de l'olivier est en étroite relation avec les conditions climatiques de son aire d'adaptation, caractérisée par le climat méditerranéen.

Selon BOUCHLOUHA [33], le cycle biologique de l'olivier est caractérisé par le chevauchement de deux fonctions physiologiques différentes :

-La floraison et la fructification de l'année en cours.

-La croissance végétative de nouvelles ramifications.

❖ Repos hivernal

Cette période s'étale de Novembre à la fin Février-début Mars. Le caractère des feuilles persistantes chez l'olivier empêche celui-ci d'entrer en phase de dormance complète mais seulement en phase de ralenti végétatif. Pendant cette période, l'arbre constitue ses réserves et accumule une certaine quantité de froid nécessaire à l'évolution des bourgeons [34].

❖ Mise à fleurs

Trois processus fondamentaux conduisent à la floraison.

-OUKSILI [35], définit l'induction florale comme étant le changement métabolique qui caractérise chez la plante le passage d'un état végétatif à un état reproductif.

L'époque de son déroulement est variable suivant les espèces et les cultivars ainsi que les conditions climatiques.

-La différenciation florale est l'ensemble des modifications morphologiques que subit un méristème au cours de sa transformation en fleur ou en inflorescence. Ce phénomène s'effectue seulement chez les bourgeons qui ont déjà subi l'induction florale.

La différenciation florale aurait lieu 40 à 60 jours avant la floraison.

-La croissance des ébauches florales et la floraison : cette étape commence dès la différenciation florale. La période la plus active a lieu après la méiose et la maturation des cellules reproductrices aboutissant à l'éclatement du bouton à fleur.

L'évolution de la fleur est sous la dépendance de facteurs génétiques liés à la variété et aux facteurs climatiques.

❖ Nouaison et grossissement du fruit

C'est la phase qui s'étale de la fécondation à la maturité complète. (HARTMAN, 1946 in HADDAD [25] et LAVÉE [32] ont pu observer 5 phases de développement du fruit. Ces phases sont représentées sous forme d'une double courbe sigmoïde de croissance, avec deux phases de latence initiale et finale. Au cours des trois phases actives nous pouvons distinguer :

-Croissance rapide de l'endocarpe et à un niveau moindre celle du péricarpe et de l'exocarpe.

-Sclérisation de l'endocarpe.

-Développement du mésocarpe suivi de la croissance rapide du fruit, ensuite la biosynthèse et la lipogénèse.

Selon OUKSILI [35], la nouaison est contrôlée par plusieurs facteurs : le climat, la nutrition minérale, la fécondation des fleurs, l'irrigation et la taille de fructification.

❖ Maturité du fruit

Le fruit s'enrichit en huile durant cette phase et acquiert toutes ses qualités diététiques et organoleptiques ; c'est la période la plus favorable à la récolte.

2.4 Exigences climatiques et édaphiques de l'olivier

2.4.1 Exigences climatiques

Parmi les facteurs climatiques qui influencent fortement le comportement de l'olivier, on peut distinguer :

❖ Température : L'olivier est assez sensible au froid. Il a des troubles de comportement dès que les températures sont inférieures à -5°C . D'après THERIOS [36], les secteurs de la culture de l'olive ont une température annuelle moyenne $15-20^{\circ}\text{C}$. Au-dessus de 35°C parvient un ralentissement ou un arrêt de développement. Le zéro de végétation est de 10° à 12°C [14].

❖ Pluviométrie : Selon DANDANI [37], vu sa plasticité, l'olivier peut être cultivé sous des régimes hydriques allant de 200 à plus de 800 mm/an. Son développement et sa croissance sont conditionnés à la fois par la répartition des pluies dans le temps et par la capacité du sol à retenir l'eau.

❖ Hygrométrie : L'olivier paraît souffrir des fortes humidités de l'air. La plupart des variétés paraissent plus sensibles aux attaques parasitaires, lorsque de fortes hygrométries, diurnes se maintiennent durant, d'assez longues périodes. L'excès d'humidité diminue la quantité et la qualité de l'huile et cause la chute des fruits (PAGNOL, 1985 in HADDAD [25])

❖ Vent : Les vents forts affectent beaucoup l'olivier notamment au moment de la floraison, se traduisant souvent par une faible production [38].

❖ Insolation : L'olivier exige de fortes quantités d'énergie solaire pour assurer son développement et surtout une fructification normale. Les travaux de BALDY et *al.* [39], ont montré que les feuilles de l'olivier sont des organes de pleine lumière, c'est à dire que leurs photosynthèse n'est optimales qu'avec une forte énergie

incidente. Une faible intensité lumineuse affecte le pourcentage de nouaison, la taille des fruits et leur teneur en huile (POLI ,1979 cité par HADDAD [25])

❖ Neige et grêle : La neige par son poids provoque la cassure des charpentières. La grêle par l'effet des chocs sur les branches, les rameaux et les fruits entraîne des blessures et par conséquent le développement de parasites et la chute des fruits. Selon MAILLARD, 1975 in HADDAD [25], les gelées arrêtent la formation de l'huile.

2.4.2 Exigences édaphiques

D'après RAINA [40], la faculté de l'olivier à s'adapter aux différents types de sols est grande. Toutefois, le sol devrait être profond et bien drainé, de sorte que les racines pénètrent profondément pour tirer profit de l'humidité souterraine même dans les zones relativement arides. L'olive se porte bien sur les sols modérément salins non appropriés à la plupart des autres cultures.

3 Maturité des olives et l'huile d'olive

3.1 Généralité sur l'olive

L'olive est une drupe de forme ovale constituée d'un péricarpe et d'un endocarpe. Elle pèse de 2 à 12 g, bien que certaines variétés puissent peser jusqu'à 20 g [41] ; d'après NEFZAOU, 1984 in CHOUCHE [42] sa composition dépend de la variété, du sol et du climat.

La coupe longitudinale de l'olive laisse distinguer les parties principales suivantes :

Le péricarpe comprend deux parties : l'épicarpe (la peau) et le mésocarpe (la pulpe) qui représente environ 65-83 % du poids total. L'endocarpe (noyau) représente 13 % à 30 % du poids total. L'épicarpe est couvert de cire et passe du vert clair au noir quand le fruit mûrit [41].

La synthèse de l'huile se produit dans le fruit lui-même, sans qu'il y ait de transfert dans les autres organes. L'huile s'accumule sous forme de gouttelettes, qui s'accroissent et s'agglomèrent dans les cellules [31].

3.2 Composition de l'olive

Une olive se compose entre 15 et 25 % d'huile, dont 96 à 98 % sont contenus dans la chair du fruit et le reste se trouve dans le noyau. La teneur en eau d'une olive s'étend entre 30 et 60 % [43].

Les principaux constituants chimiques de l'olive se répartissent de façon différente, selon les parties anatomiques. Cette répartition est illustrée dans le tableau 1.6 :

Tableau 1.6 : Les principaux constituants chimiques de l'olive.

Parties anatomiques	Constituants en %				
	Eau	Lipides	Protéines	Glucides	Cendres
Epicarpe + mésocarpe	24,2	56,40	6,8	9,9	2,66
Endocarpe	4,2	5,25	15,6	70,3	4,16
Amande	6,2	12,26	13,8	65,6	2,16

(ABERKANE, 1992)

3.3 Evolution du fruit

D'après les études menées par RIRDCA [45], la période de la croissance et du développement de fruit dans les olives prend 6 à 7 mois et elle est extrêmement longue en comparaison à d'autres fruits à noyau. SALVADOR et *al.* [46] ont signalé que ce développement varie selon la latitude, la variété, la température ainsi que les pratiques culturales et les disponibilités en eau.

3.3.1 Nouaison

La nouaison du fruit dépend des conditions climatiques. En général, un fruit par inflorescence se développe normalement. Le taux de nouaison stable est atteint 6 à 7 semaines après la pleine floraison [31].

3.3.2 Grossissement du fruit

D'après MORELLO et *al.* [47], ce processus peut être divisé en trois étapes principales : la formation du fruit, le durcissement du noyau et la croissance et l'accumulation de l'huile où la maturation a lieu.

Les olives sont en effet caractérisées par une croissance importante en volume dans la phase initiale, c'est-à-dire dans les 45 à 50 jours qui suivent la nouaison [2]. La teneur des fruits en glucides augmente pendant cette phase et atteint son maximum au moment du durcissement du noyau [31].

Ils se développent ensuite à un rythme modéré et constant jusqu'à 130-140 jours environ après la nouaison. En revanche, le poids sec augmente à un rythme constant pendant les 140 premiers jours, puis ralentit notablement (Figure 1.7).

L'huile ne commence à se former qu'à partir de 40 jours après la nouaison : l'accumulation est lente jusqu'au soixantième jour, intense entre le soixantième et le cent-vingtième jour puis de nouveau limitée. Au-delà des 120 jours à partir de la pleine floraison, le métabolisme des olives ralentit [2, 46].

La vitesse d'accumulation de l'huile dépend des conditions de culture et de la charge de l'arbre, mais sa nature et son rythme sont des caractéristiques variétales [31].

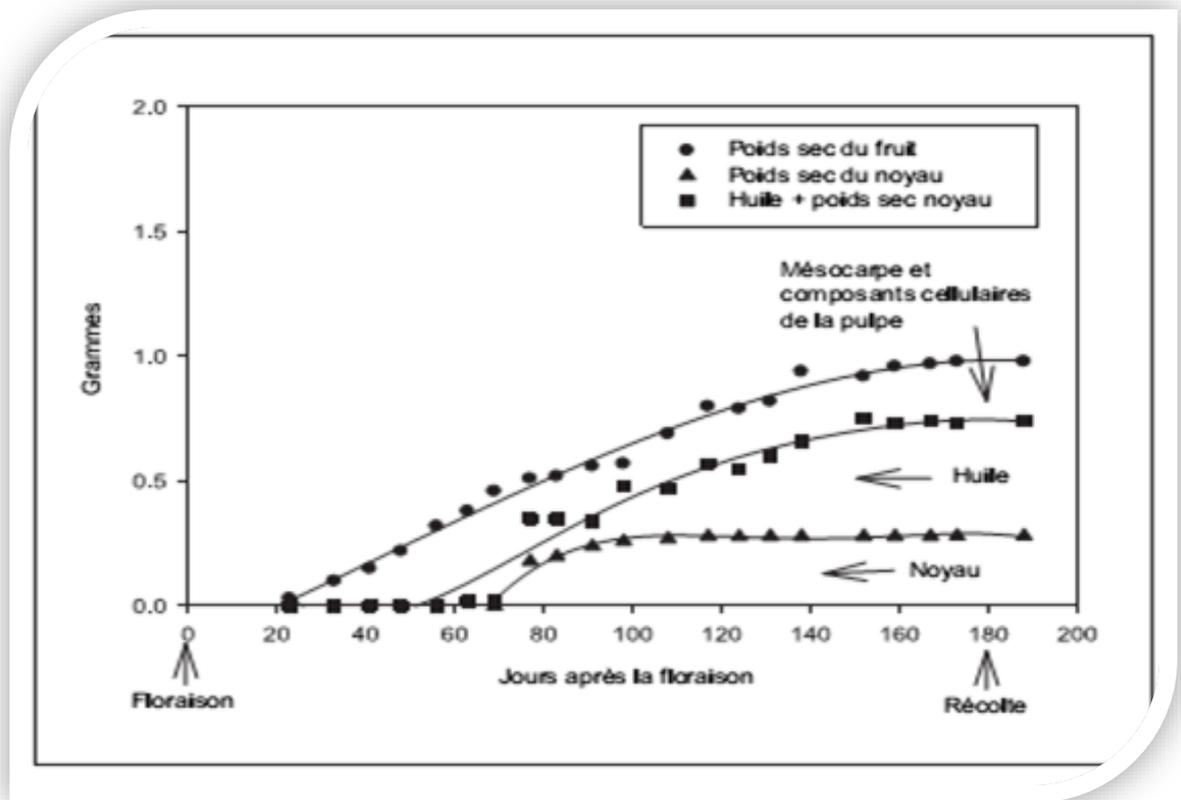


Figure 1.7 : Evolution des principaux constituants de l'olive (C.O.I, 2007)

Selon ERETEO [48], les grosses olives ne donnent pas forcément un meilleur rendement. Suivant la maturité des fruits, le rendement en huile, peut varier entre 15 et 25%. En effet, des travaux menés sur des variétés algériennes ont montré un taux allant de 14 à 32 % [3].

3.4 Période optimale de récolte

3.4.1 Maturité des olives

Selon ARGENSON et *al.* [31], chez l'olive, on considère en général deux phases ou deux types de maturation. En effet, il a été observé que l'olive passe par les trois stades de pigmentation suivants : vert, semi noir ou violet et noir [49] (Figure 1.8).



Figure 1.8 : Les trois stades de pigmentation de l'olive

3.4.2 L'effet du stade de maturité sur l'alternance

La période de la récolte a également une influence significative sur la récolte de l'année prochaine [11, 45].

D'après les travaux du FAO [49], la récolte trop tardive influe négativement sur la floraison de l'année prochaine. Si les fruits surmûrissent sur les arbres, ils épuisent leurs réserves nutritives et accentueront l'alternance durant l'année suivante [50].

3.4.3 L'effet du stade de maturité sur la chute des olives

La force de détachement de fruit diminue avec la maturation des fruits [11, 45, 51]. Elle se laisse tomber alors brusquement quand le fruit atteint la pleine maturité et la chute du fruit augmente [50].

3.4.4 Effet du stade de maturité sur l'huile d'olive

La période de récolte optimale est le facteur le plus important qui détermine la quantité de l'huile d'olive, ainsi la qualité citée par plusieurs chercheurs [52, 53].

3.4.4.1 L'effet sur la teneur en huile

La synthèse et l'accumulation de l'huile dans le fruit d'olive se produit pendant 34 semaines [47].

La quantité de l'huile varie considérablement pendant le développement du fruit [51].

Plusieurs chercheurs ont montré qu'au stade de maturité précoce (stade vert), les olives sont peu riches en huile ; contrairement au stade de maturité noir [40, 54, 50, 55]. L'accumulation des acides gras monte avec la maturité et par conséquent, le rendement d'extraction [52, 56].

Les études menées par GOMEZ-GONZALEZ et *al.* [57] ont montré que tout le contenu de l'huile a augmenté dans toute la maturation pour des cultivars de picudo ; cependant, les cultivars arbequina, gordal, manzanilla, picual ont atteint le contenu de l'huile maximum entre l'étape 2 et 4 de maturité.

Cependant, les travaux effectués dans le bassin méditerranéen ont prouvé qu'au cours de la période de maturation, le pourcentage de l'huile augmente nettement pendant la maturation [46] (BELTRAN et *al.*, 2004 in MAILER et *al.*, [51]), (LAVEE et WODNER, 1991 et 2004 in DAG et *al.* [58]). Il ralentit alors pendant que la pleine maturité s'approche et des déclinés légèrement pendant que le fruit devient au-dessus de pleine maturité ont enregistrés [47, 51].

Pour beaucoup de cultivars, l'accumulation de l'huile finit pendant 20-22 semaines de la floraison [59].

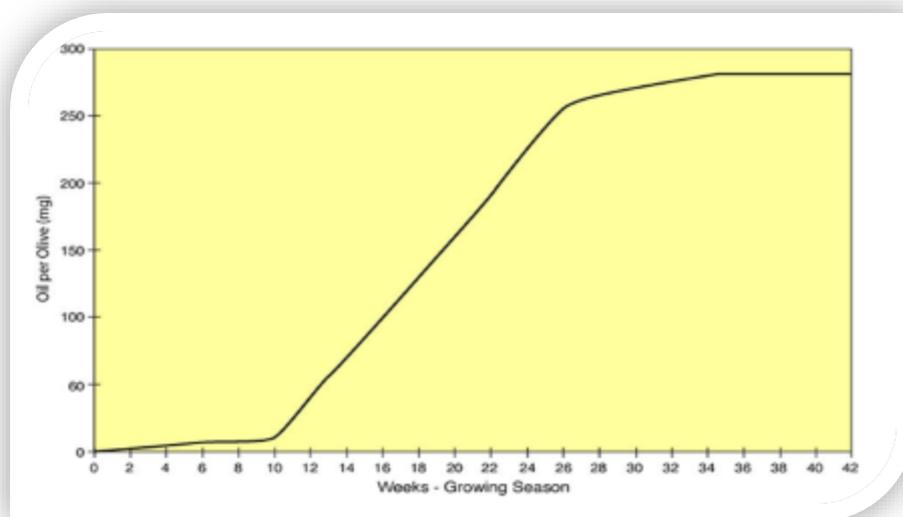


Figure 1.9 : Pourcentage de l'huile d'olive en fonction de la croissance en semaines (VOSSEN, 2004 in WIESMAN, 2009)

3.4.4.2 L'effet sur l'acidité et l'indice de peroxyde

Les résultats d'AL-MAAITAH et *al.* [52], CHAUMETON [54] ont montré qu'avec une récolte tardive, il y avait une augmentation, d'acidité et du teneur en peroxyde.

3.4.4.3 L'effet sur la composition en acides gras

L'huile d'olive produite à partir des olives récoltées au période optimale contient 98-99% de la fraction saponifiable (triacylglycerides) qui sont d'après plusieurs auteurs la base pour la caractérisation de l'huile d'olive extra vierge et

d'un pourcentage plus bas ou égale à 2% de la fraction non saponifiable (phénols, esters, terpènes, colorants et tocophérols) [57, 61].

D'après MAILER et *al.* [51], GUTIERREZ et *al.* [62], les profils de composition en acides gras varient considérablement pendant le développement du fruit.

Généralement, pendant que le fruit mûrit, l'huile devient moins stable qui due à l'augmentation en acides gras polyinsaturés et à la diminution du contenu total de polyphénol [85, 63].

En effet, selon APARICIO et HARWOOD [56], quand le fruit mûrit, le niveau d'acide palmitique diminue et cela de l'acide linoléique augmente ; l'huile devient plus polyinsaturée et donc moins stable.

Des travaux faits en Espagne, ont montré que le profil d'acide gras change avec la maturité des fruits mais diffère selon la variété. Pendant que les fruits de picudo, de chetoui, et de picholine mûrissaient, la quantité d'acides gras mono-insaturés a augmenté tandis que les acides gras saturés et polyinsaturés diminuaient ; mais avec picual et arbequina l'opposé produit.

La variété Barnea peut être récoltée en pleine maturité parce qu'elle tend à accumuler l'huile vers la fin des étapes de maturité sans qu'ils y'ait des changements cruciaux dans la qualité d'huile. Réciproquement, la variété Souri devrait être récoltée tôt parce que pendant qu'elle mûrit, l'acide gras oléique diminue et l'acide linoléique augmente.

3.4.4.4 L'effet sur les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont les substances les plus importantes qui définissent la qualité de l'huile d'olive vierge, elles sont responsables de l'amertume et également fournissent la stabilité de l'huile [61, 64,65].

Durant la maturation du fruit sur l'arbre, les olives se chargent en triglycérides et en biophénols [56, 66, 67]. Au moment de la véraison, quand l'olive est dite « tournante », les concentrations en triglycérides continuent d'augmenter, alors que la fraction phénolique décroît [68].

Une étude en Italie citée par APARICIO et HARWOOD [56] a montré une diminution en polyphénols totaux de 535 mg/kg chez un fruit vert/jaune à 396 mg/kg chez le fruit partiellement tournant à 311 mg/kg chez le fruit noir bien mûr.

Ainsi, Il a été démontré par les travaux de CHIMI [66] que la teneur en polyphénols totaux dans l'olive est optimale au stade semi noir, associé par ailleurs aux huiles de meilleure qualité.

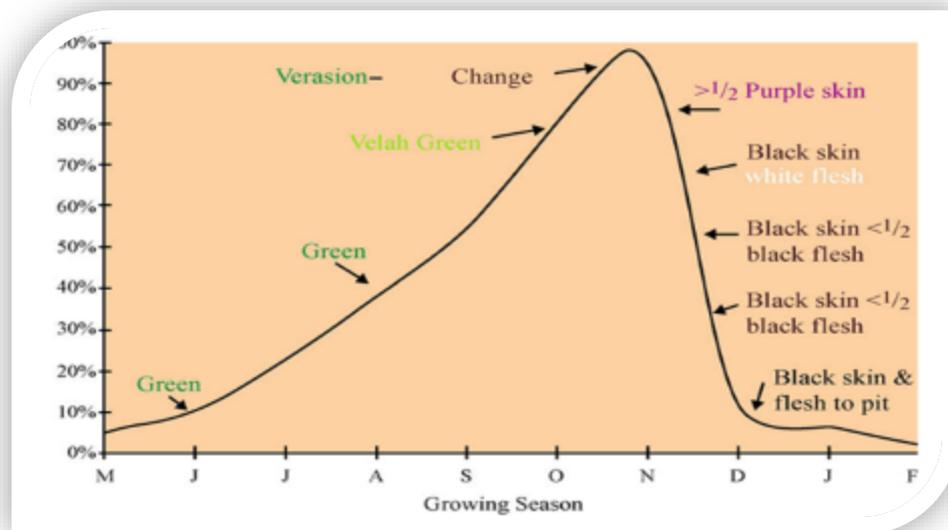


Figure 1.10: Coloration et niveau des polyphénols durant la maturation des olives (VOSSEN, 2004 in WIESMAN, 2009)

3.4.4.5 L'effet sur les caractéristiques organoleptiques

La maturité des olives influence les caractéristiques organoleptiques de l'huile et par conséquent la stabilité finale de celle-ci [51].

Plusieurs auteurs ont montré que les concentrations des composés volatils et le contenu en chlorophylle pendant les trois étapes de maturité diminuent avec l'augmentation de la maturité [10, 52, 56].

Une récolte trop précoce donne des fruits de consistance très dure, un goût de bois, et une amertume plus grande [45, 54, 55].

Des olives récoltées trop tard fournissent une huile moins parfumée, plus douces [45], au goût défectueux (parfois piquant ou rance) [69].

La récolte en retard peut également augmenter la probabilité des dommages au fruit, et ceci produit une huile de qualité inférieure (acidité élevée, rancissement fréquent) [56, 69].

3.5 Choix de la période optimale de récolte

Il y a un accord général que l'huile de qualité exige une période de récolte précise [46, 51, 52, 59]. Elle est difficile à déterminer car elle varie suivant les variétés, les conditions environnementales, les années, les pratiques culturales, la densité de plantation [14, 45, 60], ainsi que la charge de l'arbre évoquée par DAG et *al.* [58].

Pour déterminer la période de récolte optimal, les points suivants doivent être évalués :

- ❖ Les olives doivent avoir une teneur maximum en huile,
- ❖ La qualité de l'huile doit être meilleure,
- ❖ Le fruit et les dommages d'arbre doivent être minimaux,
- ❖ La récolte de l'année prochaine ne doit pas être affectée,
- ❖ Un coût aussi faible que possible de la récolte,
- ❖ L'efficacité de la récolte mécanique [11, 54, 59].

Pour préciser une période optimale de récolte, plusieurs chercheurs ont travaillé sur celle-ci :

Généralement, on estime que l'étape de maturité optimale est atteinte lorsqu'il n'y a aucun fruit vert sur l'arbre mais l'analyse physico-chimique reste en définitive le moyen le plus fiable pour la déterminer [66].

Dans le meilleur des cas, des arbres devraient être récoltés pendant les deux premières semaines après que leurs fruits atteignent un contenu maximum en huile, pour éviter les pertes de récolte l'année suivante [45].

Afin d'éviter n'importe quelle évaluation subjective du niveau de maturité de fruit, il est nécessaire d'avoir fiable et utile d'utiliser des indices basés sur les variations physiologique, ainsi les caractéristiques chimiques et biochimiques qui se produisant pendant la maturation du fruit [59].

Les premières olives de récolte (vert au violet), donnent des huiles de haute qualité que les olives tardives ; cependant, une grande majorité des d'olives en Turquie continuent à être récoltées tard, parce que toutes les olives sont rassemblées immédiatement [67].

La quantité maximum et la qualité ne coïncident pas toujours et dans ce cas-ci il doit décider de favoriser la quantité ou la qualité [11].

En général, les meilleurs résultats en termes de quantité et qualité (extraction de moulin, temps d'induction, contenu de polyphénols, composés aromatiques, caractéristiques organoleptiques) sont obtenus quand le déverdissement des olives est limité à l'épicarpe, c'est à dire avec un indice de maturité plus moins de 3.

En raison de sa grande variabilité, l'indice de pigmentation est employé en combinaison avec la fermeté de la chair ; ce dernier est directement corrélé avec la résistance de fruit aux dommages, de ce fait affectant la composition chimique de l'huile d'olive et les caractéristiques sensorielles.

En tous cas, la fermeté est un indice destructif et on ne le lie pas à l'efficacité mécanique. L'indice colorimétrique pourrait représenter une méthode rapide qui peut permettre la surveillance directe des changements de couleur d'olives jusqu'à la valeur choisie et il peut remplacer tous les autres indices, principalement l'indice de détachement.

En conclusion, le contenu en huile et les polyphénols sont les paramètres chimiques aidant à établir le niveau de maturité ; mais il n'est pas économique ni facile de les détecter.

Les composés phénoliques sont les substances les plus importantes qui définissent la qualité de l'huile d'olive vierge ; ainsi elles sont considérées en tant que marqueurs analytiques importants pour indiquer la meilleure étape de maturation du fruit en combinaison avec des indices traditionnels tels que l'accumulation de l'huile.

Il peut suggérer d'employer l'indice de fermeté ou de détachement en tant qu'indice de maturation fiable pour le cultivar « Arbosana » ; Le modèle sigmoïde

(teneur en huile) pourrait être fiable pour les cultivars qui changent de couleur rapidement, comme Arbequina, Coratina et Urano [59].

Beaucoup d'expériences ont montré une corrélation forte entre la couleur du fruit, la quantité et la qualité de l'huile qui peut être extraite à partir de celle-ci [46, 60]. C'est parce que la couleur du fruit est un indicateur de maturité de fruit et le contenu et la qualité sont directement liés à sa maturité.

Différentes approches ont été mises en application afin d'établir la meilleure période de récolte, qui dépendent des critères par exemple :

- ❖ le nombre exact de jours après la première pluie,
- ❖ une date fixe sur le calendrier,
- ❖ chute spontanée du fruit,
- ❖ force de détachement du fruit,
- ❖ signes externes de maturation [60].

La méthode la plus populaire aujourd'hui pour déterminer la période optimale de récolte, développée et employée par le conseil oléicole international (COI) est l'indice de maturité (IM), qui est basé sur la pigmentation des olives [70, 60].

Des olives avec des étapes de maturité différentes, basées sur leur indices de maturité sont illustrées sur la figure 1.11. Cependant, encore, cette méthode n'est pas complètement fiable, puisqu'elle se fonde sur l'évaluation visuelle subjective. L'indice de maturité peut être employé seulement comme directive et ne peut pas déterminer la période de récolte précise pour chaque cultivar.

Indice de Maturation =

$$[(0 \times n_0) + (1 \times n_1) + (2 \times n_2) + (3 \times n_3) + (4 \times n_4) + (5 \times n_5) + (6 \times n_6) + (7 \times n_7)] / 100$$

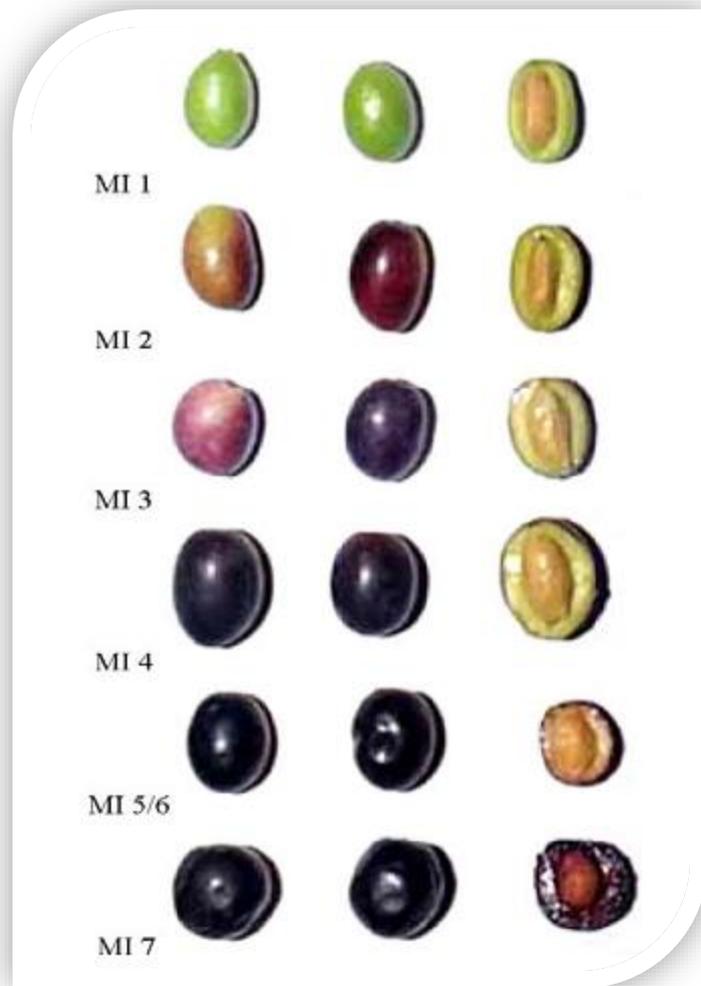


Figure 1.11 : Différents stades de maturité des olives en fonction de l'indice de maturité (IM) (MAILER et *al.*, 2005 in WIESMAN, 2009)

Des nombreux chercheurs ont essayé avec des méthodes alternatives d'estimer un indice de récolte précis :

- SOLINAS et *al.* (1975) ont étudié la fraction phénolique de la pulpe par la méthode spectrométrique.

- VLAHOV (1976) a proposé un indice de maturité basé sur le rapport acide malique/citrique des drupes.

- ESTI et *al.* (1998) ont suggéré une méthode basée sur la surveillance des composants mineurs en utilisant la CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE SOUS HAUTE PRESSION (HPLC).

- MICKELBART et JAMES (2003) ont développé une méthode pour déterminer le temps de récolte optimal pour des olives en calculant leur matière sèche [60].

4. Transformation des olives à huile

L'huile d'olive vierge est l'huile obtenue du fruit de l'olivier uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions, thermiques notamment, qui n'entraînent pas d'altération de l'huile, et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration [71].

La qualité de l'huile d'olive vierge peut être perçue comme une chaîne débutant au moment de la plantation d'une variété donnée de l'olivier, en passant par les conditions de cultures, de récolte, de transformation, de stockage et de distribution de l'huile jusqu'à son arrivée au niveau du consommateur. Selon leur stade d'influence, les facteurs affectant la qualité des huiles d'olives peuvent être subdivisés en quatre groupes :

Premier stade allant jusqu'à la récolte des olives :

Dans ce stade, les facteurs suivants ont une incidence directe sur la qualité de l'huile d'olive vierge :

- ❖ Variété de l'olivier cultivée,
- ❖ Conditions pédoclimatiques,
- ❖ Apport en fumure,
- ❖ Pratique de l'irrigation,
- ❖ Pratique de la taille,
- ❖ Etat sanitaire de l'arbre et du fruit,
- ❖ Etat de maturité des fruits et système de récolte.

Deuxième stade, allant de la récolte à la réception des fruits par l'unité de trituration :

Ce stade regroupe les facteurs suivants : stockage et transport des olives du verger à l'huilerie.

Troisième stade, relatif à l'élaboration de l'huile :

Le processus d'extraction de l'huile débute avec la mise en œuvre des olives stockées et prend fin avant le stockage en masse de l'huile. Il comporte les opérations suivantes : le malaxage, la séparation des phases solide/liquide (pression, centrifugation) et la séparation des phases liquide/liquide (décantation, centrifugation, percolation).

Quatrième stade, allant de l'extraction à la consommation de l'huile :

Ce stade comporte, outre le stockage en masse, le conditionnement final de l'huile et sa distribution sur le marché. Il inclut les facteurs suivants :

- ❖ La limpidité de l'huile,
- ❖ Les conditions de stockage en masse,
- ❖ Le type d'emballage,
- ❖ Les conditions d'entreposage de l'huile conditionnée [72].

4.1 Processus d'élaboration de l'huile d'olive vierge

4.1.1 Système de récolte des olives

La récolte à la main c'est l'opération qui convient le mieux pour obtenir la meilleure qualité de l'huile vierge car les olives sont cueillies sélectivement selon leurs degrés de maturité [13, 71].

Des instruments appropriés comme des râpeaux et des peignes vibrants sont utilisés pour accélérer l'opération et peuvent être importants dans l'efficacité et la rentabilité de récolte croissantes. L'usage des gaules pour faire tomber les fruits provoque la chute des brindilles qui doivent influe sur la fructification de l'année suivante.

Des équipements sont utilisés actuellement en récolte mécanique et parmi eux on peut citer les crochets vibrants, les peignes oscillantes et les vibreurs [71].

4.1.2 Transport, réception et stockage des olives

Transport des olives : Dans le souci de conserver les caractéristiques qualitatives des olives fraîchement cueillies, il s'avère nécessaire de les acheminer immédiatement vers les moulins 48 heures après la récolte en maximum [73]. Le moyen le plus approprié pour le transport des olives est représenté par les caisses à claire voie en matière plastique.

Réception des olives : Les lots d'olives, une fois pesés, sont stockés de manière individualisée, selon la provenance, le degré de maturité et l'état sanitaire des fruits...etc. Lors de la réception des olives, les livraisons devraient être appréciées en tenant compte : du taux des impuretés (brindilles, feuilles, pierres, terre, etc.), de l'état des olives (état sanitaire, état de maturité et intégrité des olives), de la teneur et de la qualité de l'huile (acidité, degré d'oxydation, etc.). Les olives doivent être pesées et traitées individuellement.

Durée de stockage des olives avant transformation : L'objectif fondamental de la conservation est de pouvoir maintenir le fruit sans altérations [74].

Le logement des olives est fait dans des conteneurs adéquats ou greniers en vue de leur trituration imminente dans le délai le plus bref possible.

La conservation des olives sur des claies permettant une aération suffisante, dans les caisses ouvertes ou fermées, ou sur un sol lisse et lavable, par couches peu épaisses [75].

4.1.3 Trituration des Olives

4.1.3.1 Effeillage et Lavage

L'effeuillage se fait au moyen d'équipements munis d'un flux d'air permettant l'élimination des feuilles, brindilles et autres matières végétales comme des matières minérales : terre, poussière, cailloux et pierres.

Le lavage des olives se réalise au moyen d'une circulation forcée d'eau potable et propre permettant l'élimination de substances solubles dans l'eau, boue, terre et pierres.

4.1.3.2 Broyage des olives

La première étape nécessaire pour obtenir l'huile d'olive quel que sera la méthode de séparation à utiliser est le broyage des olives. Le broyage aboutit à la formation d'une pâte, il se fait à l'aide d'un broyeur métallique : à marteaux, disques dentelés ou cylindres striés [76].

L'usage de cisaillements appliqués durant le broyage déchire les membranes cellulaires et libère les globules d'huile. Ces globules libres vont se réunir en formant des gouttes de taille très variable qui vont à leur tour entrer en contact direct avec la phase aqueuse provenant de l'eau de végétation ; formant parfois des systèmes émulsionnés [74, 75].

4.1.3.3 Malaxage de la pâte

C'est une opération qui a pour but de rompre l'émulsion entre l'eau et l'huile et faire agglomérer les particules de l'huile en gouttes plus grosses, se séparant spontanément de l'eau de végétation [77]. Il consiste en un brassage lent et continu ; réalisé avec des malaxeurs favorisant la séparation des trois phases : solide, aqueuse et grasse au sein de la pâte d'olives pour accroître le rendement en huile [76, 78]. Il convient d'avertir que des gouttes de l'huile restent toujours en forme d'émulsion ou incluses entre les solides de la pâte [79].

4.1.4 Séparation de l'huile et du grignon

4.1.4.1 Séparation solide-liquide des phases : huile, grignon phase aqueuse

Ce processus peut être réalisé au moyen des systèmes suivants :

- ❖ Percolation : L'extraction de l'huile olive est basée sur la différence dans la tension superficielle entre l'huile et l'eau de végétation (l'effet de la tension interfaciale de l'huile) sur une lame ou une maille d'acier inoxydable séparant l'huile de la pâte malaxée (Figure 1.12).

- ❖ Pression : au moyen de l'effet de la pression hydraulique de la pâte malaxée préalablement distribuée manuellement ou mécaniquement sur des courtins permettant l'écoulement du jus de l'olive (huile et eau de végétation) de la fraction solide (Figure 1.13).

❖ Centrifugation : au moyen de l'effet de la force centrifuge que génère le décanteur centrifuge horizontal qui permet de séparer les composants de la pâte d'olive malaxée en fonction de sa densité. Il existe deux types de décanteur en fonction des produits issus de la centrifugation : dans le cas de la séparation en trois composants – huile, grignon et margine -, il est appelé à trois phases ; dans le cas de la séparation qui donne l'huile d'une part et de l'ensemble grignon plus eau de végétation d'autre part, il est appelé à deux phases (Figure 1.14).

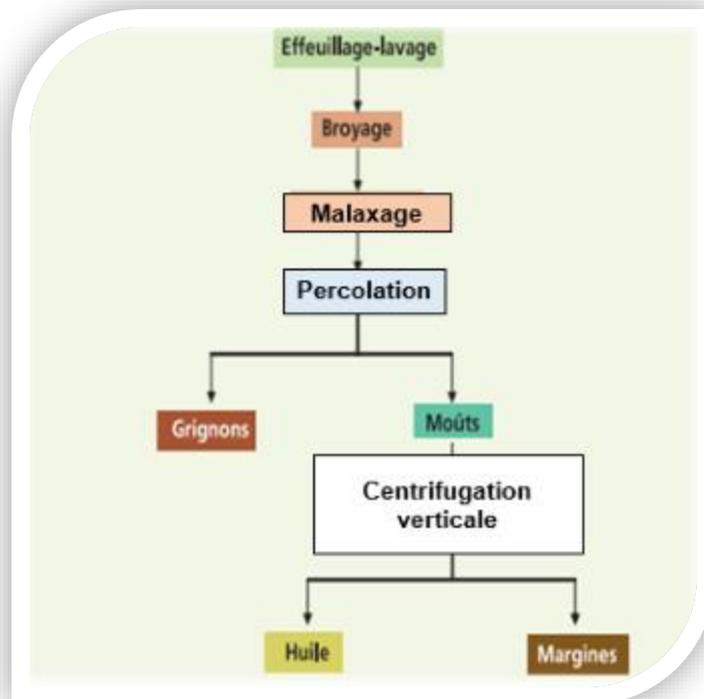


Figure 1.12 : Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par la méthode de percolation (APARICIO et HARWOOD, 2013)

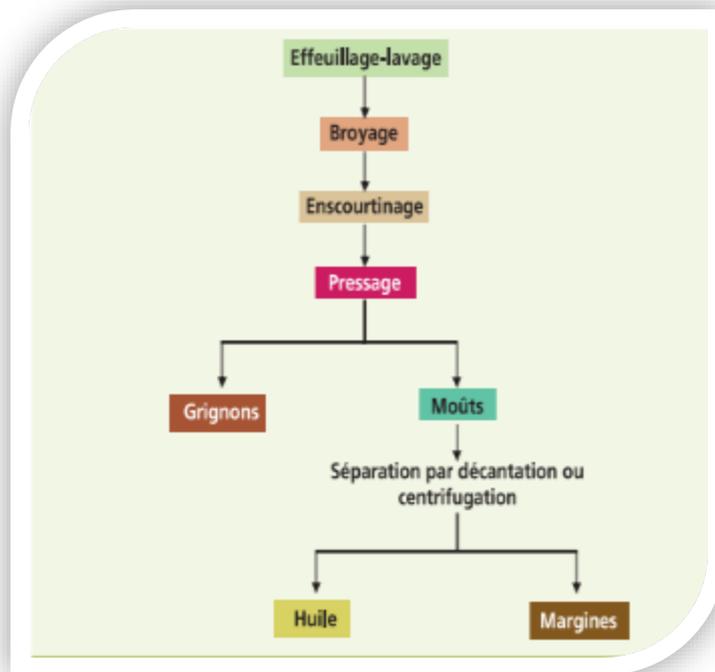
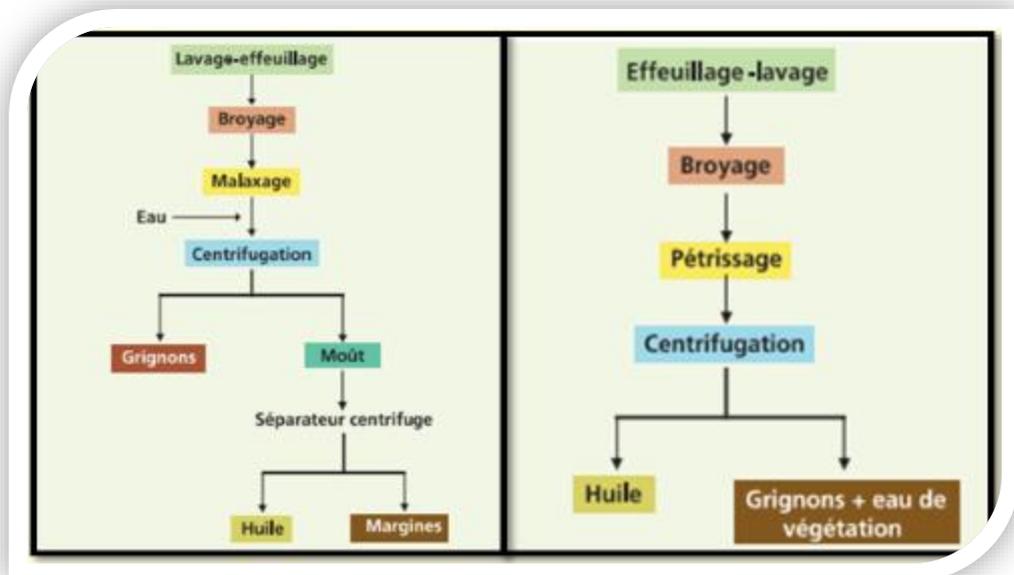


Figure 1.13 : Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par la méthode de pression (CHIMI, 2006)



A

B

Figure 1.14 : Diagramme d'extraction de l'huile d'olive par la méthode de centrifugation (CHIMI, 2006)

A : avec le décanteur de trois phases.

B : avec le décanteur de deux phases.

4.1.4.2 Séparation liquide-liquide : huile et phase aqueuse

❖ Décantation naturelle : due à la différence de densité et de miscibilité des composants du jus de l'olive : huile, eau, fragments de matières solides dans les bacs à décantation.

❖ Centrifugation : au moyen d'un processus utilisant la force centrifuge pour séparer l'huile de la fraction aqueuse, en utilisant un équipement appelé séparateur centrifuge vertical.

4.2 Stockage de l'huile

Le stockage doit avoir lieu dans une zone séparée physiquement de la zone d'élaboration devant réunir un certain nombre de conditions en vue de diminuer au maximum, voire d'éliminer, les effets des oscillations de la température ambiante et de la lumière. Cette zone doit être facile à nettoyer.

Les cuves où sera stockée et conservée l'huile préalablement classée doivent être conçues avec des matériaux inertes non absorbants, avec un fond conique ou plan incliné, être hermétiques et dotés de systèmes auxiliaires permettant de remplir et vider l'huile par la partie inférieure et si possible d'un système efficace d'inertisation et de nettoyage intérieur [56, 73, 75].

CHAPITRE 2

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Objectif de l'étude

Notre étude menée à Sidi Bel Abbes vise à voir l'effet de la période de récolte de trois variétés Chemlal, Sigoise et Picual sur la valorisation de l'huile d'olive.

Cette étude a pour but de choisir une fourchette optimale de récolte des olives à huile, et par conséquent produire une huile de qualité en quantité « extra vierge », apte à la consommation et la commercialisation.

2. Présentation de la zone d'étude

La partie expérimentale a été réalisée au niveau de la wilaya de Sidi Bel Abbes ; trois sites ont été utilisés :

- ❖ Commune de Boukhanifis : variété Chemlal.
- ❖ Commune de Tabia : variété Sigoise.
- ❖ Zone industrielle « usine CHIALI » : variété Picual.

3. Matériel végétal

3.1. Variétés d'olive : Trois variétés d'olivier ont été utilisées dans le cadre de ce travail ; Il s'agit de chemlal, sigoise et picual.

- ❖ Chemlal : Synonyme : Achamlal- Achamli- Achemlal.

Originaire de Kabylie, une variété prédominante du verger algérien avec une occupation de 40% de la totalité du verger ; c'est une variété rustique et tardive ; elle est destinée à l'huile avec un rendement qui varie de 18 à 22%.

La variété Chemlal autostérile, est toujours associé à d'autres variétés qui assurent sa pollinisation comme les variétés Azeradj ou Sigoise. La productivité est élevée et peu alternante [3].

Le verger étudié se situe à sidi Bel Abbes dans la commune de Boukhanifis (figure 2.1) :

- L'altitude : 607 m,
- La localisation : N 35°, W 000°,
- La superficie : 10 has,
- L'âge : 10 ans,
- La densité : 5*6 (330 arbre/ha).

Les opérations appliquées au verger sont illustrées sur le tableau 2.1 :

Tableau 2.1 : Les opérations appliquées sur les vergers de l'olivier.

Opération	Date	Matériel	Approvisionnement	
			Nature	Dose
Cover cropping	fév-Avr-Août	Cover crop	-	
Irrigation	fin Janv- Mai- Juin-Juil-Aout- sept	Goutte à goutte		6000 m ³ /an/ha
Fertilisation	automne	remorque	Fumier de bovin	20T/ha
	automne	Épandeur d'engrais	Fumure de fond (0.20.25)	04 qx
	-Mars (avant floraison) -Avril-mai (après floraison) -Juillet (grossissement du fruit)	Épandeur d'engrais	Urée (46%)	3qx fractionné : -1.5 qx en mars -0.75qx en avril-mai -0.75qx en juillet
Traitement	hiver	Atomiseur	Bouillie bordelaise+huile (contre l'oïl de paon)	-
	Sept-oct-nov- dec-janv	Atomiseur	Décis (contre la mouche)	-
Récolte	Nov-déc-janv	manuelle	-	-

❖ Sigoise : Synonyme : Olive de Tlemcen, Olive du Tell.

Originnaire de la plaine de Sig (Mascara) ; elle occupe 25% du verger oléicole algérien, c'est une variété de saison, tolérante aux eaux salées, moyennement résistante au froid et à la sécheresse.

La floraison précoce d'une intensité moyenne, le taux de nouaison est faible (0.70%), la productivité est moyenne et alternante ; elle est considérée comme un bon pollinisateur de Chemlal. La Sigoise est destinée à double fin, à l'huile (18 à 22%) et à l'olive de table (rapport pulpe /noyau moyen est 6.44) [3].

Le verger étudié se situe à Sidi Bel Abbès dans la commune de Tabia (figure 2.1) :

- L'altitude : 616.7 m,
- La localisation : N 35°, W 000°,
- L'âge : depuis la période coloniale.

Les opérations appliquées au verger sont illustrées sur le tableau 2.1 :

❖ Picual : Synonyme : Andaluza, Blanco, Corriente, de Aceite, de Calidad, Fina, Jabata, Lopereno, Marteno, Morcona, Nevadillo, Nevadillo, Nevado, Nevado Blanco, Picuan Salgar, Temprana.

Originnaire de l'Espagne, c'est la variété la plus importante du verger oléicole espagnole, c'est une variété qui tolère bien le froid, la salinité et l'excès d'humidité dans le sol. Toutefois, elle est sensible à la sécheresse et aux sols calcaires.

Elle est caractérisée par une entrée en production précoce et une époque de floraison moyenne. Elle est autocompatible. Ses fruits mûrissent tôt et présentent une faible résistance au détachement, ce qui facilite leur récolte mécanique.

Cette variété est très appréciée pour sa productivité élevée et constante, sa teneur élevée en huile et sa conduite facile. Son huile, de qualité moyenne, présente un indice élevé de stabilité, qui se traduit par une bonne résistance au rancissement et un pourcentage très élevé d'acide oléique.

Elle est tolérante à la tuberculose mais très susceptible à l'œil de paon et à la verticilliose ; elle est également susceptible à la mouche de l'olive [81].

Le verger étudié se situe à Sidi Bel Abbes dans la zone industrielle « usine CHIALI » (figure 2.1) :

- L'altitude : 491.5 m
- La localisation : N 35°, W 000°
- L'âge : 10 ans



Figure 2.1 : les sites des variétés Chemlal, Sigoise et Picual.

4. Echantillonnage

Les olives destinées à l'obtention de nos échantillons des huiles d'olives ont été prélevées à des stades de maturités différentes. L'échantillonnage est effectué à la main. Chaque échantillon est constitué approximativement de trois à cinq kilogrammes d'olives. Les échantillons sont cueillis de l'intérieur, de l'extérieur, du nord, du sud, de l'est et l'ouest de l'arbre (figure 2.2).

5. Indice de maturité

L'indice de maturité est calculé sur la base de la coloration du péricarpe et du mésocarpe des olives ; en prélevant 100 fruits de l'échantillon récolté et homogénéisé convenablement. Ces fruits seront classés selon les catégories indiquées dans la méthode décrite par la Station Expérimentale Venta del Llano de l'IFAPA de Mengibar (Jaén, Espagne). L'indice de maturité est exprimé par la formule suivante :

$$I.M. = \frac{A \cdot 0 + B \cdot 1 + C \cdot 2 + D \cdot 3 + E \cdot 4 + F \cdot 5 + G \cdot 6 + H \cdot 7}{100}$$

Où : les catégories des fruits

- ❖ **Classe 0** : peau vert intense.
- ❖ **Classe 1** : peau vert jaunâtre.
- ❖ **Classe 2** : peau verte avec des taches rougeâtres sur moins de la moitié du fruit : début de la véraison.
- ❖ **Classe 3** : peau rougeâtre ou violette sur plus de la moitié du fruit : fin de la véraison.
- ❖ **Classe 4** : peau noire et pulpe blanche.
- ❖ **Classe 5** : peau noire et pulpe violette sans atteindre le centre de la pulpe.
- ❖ **Classe 6** : peau noire et pulpe violette sans atteindre le noyau.
- ❖ **Classe 7** : peau noire et pulpe violette sur toute la pulpe jusqu'au noyau.

Où A, B, C, D, E, F, G et H sont le nombre de fruits des classes 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 respectivement.



Figure 2.2 : Les étapes de détermination de l'indice de maturité.

6. Les indices de quantité de l'huile d'olive

6.1 Poids frais et sec des olives

25 fruits sont pesés, puis mit dans l'étuve 100°C pendant 48 heures (figure 2.3).



Figure 2.3 : Poids frais et sec des fruits.

6.2 Rapport pulpe /noyau

25 fruits sont pesés un à un, puis chaque fruit est dépulvé et pesé (figure 2.4).



Figure 2.4 : La détermination du rapport pulpe/noyau

6.3 Teneur en huile par rapport au poids frais et sec

6.3.1 Détermination du rendement en huile par l'oléodoseur (Méthode

Abencor)

- Description de l'oléodoseur : Cette méthode mise au point par Levi et Léon (1965) détermine le rendement industriel des olives, au moyen de la reproduction

à l'échelle du laboratoire du processus industriel (figure 2.5) et suivant les mêmes phases :

- ✚ Broyage : à l'aide d'un broyeur en acier inoxydable.
- ✚ Malaxage : un thermo-malaxeur avec une capacité pour 8 échantillons à la fois.
- ✚ Centrifugation : une centrifugation en acier inoxydable avec un bol qui tourne à 3500 t/m.
- ✚ Décantation : Eprouvette pour la décantation des liquides

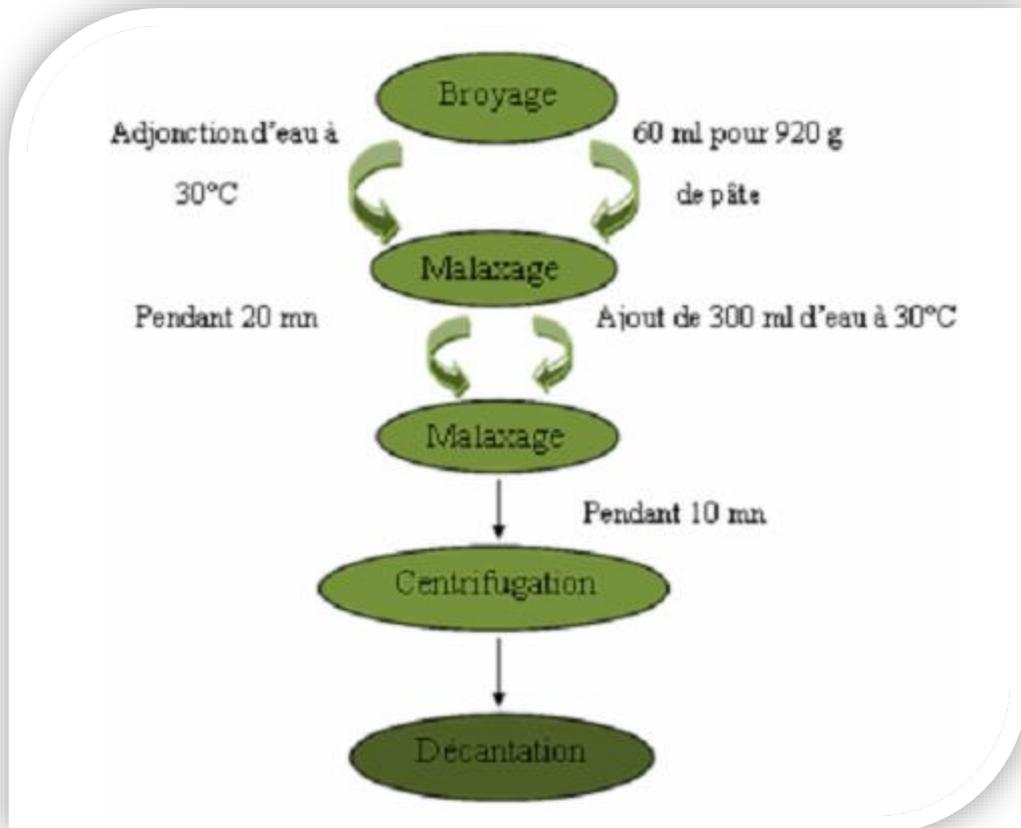


Figure 2.5 : Schéma du processus d'extraction par l'oléodenseur.

- Protocole d'extraction de l'huile :

Après lavage, broyage et malaxage des fruits, l'huile est extraite par centrifugation à l'aide de l'oléodenseur illustré sur la figure 2.6.

Les échantillons obtenus sont conservés à une température de 18°C dans des flacons en verre foncé en vue de leurs analyses chimiques.

- **Calcul du rendement en huile :**

Le rendement industriel est calculé à partir de la formule :

$$\% \text{ d'huile dans l'échantillon} = \frac{V}{M} \times 100$$

Où :

V : le volume de l'huile obtenue (mg) ;

M : le poids exact de la pâte d'olive soumise au malaxage (g).



Figure 2.6 : Oléodoseur utilisé (Station Expérimentale ITAFV de Sidi Aich -Béjaia)

6.3.2 Extraction de l'huile au soxhlet

La détermination de la teneur en huile des olives consiste en l'extraction d'une prise d'essai dans un soxhlet pendant 6 heures avec de l'hexane technique, l'élimination du solvant d'extraction et pesée de l'extrait obtenu.

La teneur en matière grasse totale, exprimée en pourcentage en masse de la matière sèche, est donnée par la formule suivante :

$$\% \text{ matière grasse} = \frac{m_1 \times 100}{m_0 (100 - H) \times 100}$$

Où :

m₀ : la masse, en grammes, de la prise d'essai ;

m₁ : la masse, en grammes, de l'extrait après séchage ;

H : le pourcentage, en masse, de l'eau et de la matière volatile.

7. Les indices de qualité de l'huile d'olive

7.1 Les analyses chimiques

7.1.1 Détermination de l'acidité libre : (selon la méthode CEE 2568-1991 équivalente à la méthode ISO 660-1996)

❖ Principe :

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants (oxyde di_éthylique/éthanol) puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium.

❖ Mode opératoire :

- Prélever une prise d'essai de 2.5 g pris dans une fiole conique (pesée à l'aide d'une balance analytique ;
- Dissoudre la prise d'essai dans 50 ml (25 :25v/v) du mélange (oxyde di_éthylique / éthanol) ;
- Titrer en agitant, avec la solution d'hydroxyde de potassium à 0.1N en présence de quelques gouttes de phénolphtaléine, jusqu'à virage de l'indicateur (apparition de la couleur rose, persistante durant au moins 10 secondes) ;
- Parallèlement à la détermination, effectuer un essai à blanc (témoin).
- Effectuer deux déterminations sur le même échantillon.

❖ Expression des résultats :

L'acidité est exprimée en (%) de masse :

$$\text{Acidité} = \frac{V.C.M.100}{1000.m} = \frac{V.C.M}{10.m}$$

Où :

V : le volume en millilitre de la solution titrée d'hydroxyde de potassium (KOH) utilisée ;

C : la concentration exacte en mole par litre de solution titrée d'hydroxyde de potassium ;

M : la masse molaire, en gramme par mole de l'acide oléique (282 g/mol) ;

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

7.1.2 Détermination de l'indice de peroxyde : (selon la méthode CEE 2568-1991 équivalente à la méthode ISO 3960-1989).

❖ Principe :

Mettre la prise d'essai dans une solution d'acide acétique et de chloroforme puis traité par une solution d'iodure de potassium ; l'iode libéré est titré avec une solution de thiosulfate de sodium.

❖ Mode opératoire :

-Peser 1.2 à 2 g d'huile d'olive dans un erlenmeyer à col rodé de capacité de 250 ml environ (muni d'un bouchon en verre rodé) ;

-Ajouter à la prise d'essai 10ml de chloroforme, dissoudre rapidement la prise en agitant ;

-Ajouter 15 ml d'acide acétique, puis 1 ml de solution d'iodure de potassium ;

-Boucher aussitôt l'erlenmeyer, l'agiter pendant une minute et laisser reposer pendant 5 minutes à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 15°C et 20°C ;

-Ajouter 75 ml d'eau distillée. En agitant vigoureusement et en présence de quelques gouttes de l'empois d'amidon comme indicateur, titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium 0.01N, en agitant vigoureusement ;

-Effectuer deux déterminations pour le même échantillon ;

-Effectuer simultanément un essai à blanc.

❖ Expression des résultats :

L'indice de peroxyde est exprimé en milliéquivalent d'oxygène actif par kg d'échantillon :

$$\text{Indice de peroxyde} = V_1 - V_0 \cdot 1000 \cdot T / m$$

Où :

V₁ : le volume en ml de la solution de thiosulfate de sodium 0.01N utilisée pour l'essai ;

V₀ : le volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc ;

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

T : la normalité de thiosulfate de sodium utilisée (0.01N)

7.1.3 L'analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet

Le coefficient d'extinction K₂₇₀ est la mesure de l'absorbance d'un échantillon d'huile à la longueur d'onde de 270 nm et qui est exprimée conventionnellement K₂₇₀. Cet indice nous donne une mesure d'un état oxydatif évolué.

La détermination de l'absorbance dans l'ultraviolet, par la méthode décrite par la norme (NF ISO 3656, Décembre 1991), consiste au mesurage spectrométrique du coefficient d'extinction dans un domaine de longueur d'onde dans l'UV, de l'absorbance de l'échantillon en solution dans le triméthyl-2, 2, 4 pentane, puis calcul de l'absorbance à une concentration de 1 g pour 100 ml.

L'absorbance d'une solution d'un corps gras à concentration de 1 g pour 100 ml (1%), mesurée en utilisant un parcours optique de 1 cm, à une longueur d'onde λ , est donnée par la formule suivante :

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{c.S}$$

Où :

K_{λ} : Extinction spécifique à la longueur d'onde λ ;

E_{λ} : Extinction mesurée à la longueur d'onde λ ;

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

S : Epaisseur de la cuvette en centimètres.

7.2 Les critères de pureté

Les principales analyses considérées comme critères de pureté sont :

7.2.1 L'analyse de la composition en acides gras

Les analyses des acides gras ont été réalisées au niveau du laboratoire de Biotechnologie de l'Ecole National des Sciences Agronomique (ENSA) d'El Harrach (Alger). Le profil de composition en acides gras de l'huile d'olive a été déterminé par chromatographie en phase gazeuse, la préparation des esters méthyliques a été effectuée par saponification/méthylation, selon les méthodes standards préconisées par le COI T20 / Doc. n°17 Rév.1 (2001) et T20 /Doc. n°24 (2001) respectivement.

7.2.1.1 Préparation des esters méthyliques

La méthode dénommée "Transestérification à froid au moyen d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium" est appliquée pour la préparation des esters méthyliques d'acides gras des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ayant une teneur en acides gras libres inférieure à 3,3%.

Les acides gras libres ne sont pas estérifiés par l'hydroxyde de potassium. Les esters éthyliques d'acides gras se transestérifient plus lentement que les esters glycéridiques et il est possible qu'ils ne se méthyent que partiellement.

❖ Principe :

Les esters méthyliques se forment par transestérification des triglycérides dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification.

❖ Mode opératoire :

Dans une éprouvette à bouchon vissant de 5 ml, peser environ 0,1 g de l'échantillon d'huile d'olive. Ajouter 2 ml d'heptane et agiter.

Ajouter 0,2 ml de la solution méthanolique 2 N d'hydroxyde de potassium, boucher à l'aide du bouchon muni d'un joint en PTFE, bien fermer et agiter énergiquement pendant 30 secondes. Laisser reposer jusqu'à ce que la partie supérieure de la solution devienne claire. Décanter la couche supérieure, qui est celle qui contient les esters méthyliques. La solution d'heptane est prête pour l'injection dans le chromatographe. Il est conseillé de maintenir la solution au réfrigérateur jusqu'au moment de l'analyse chromatographique. Il n'est pas recommandé de stocker la solution pendant plus de 12 heures.

7.2.1.2 L'analyse des esters méthyliques par CPG

❖ Principe :

L'analyse des esters méthyliques des acides gras a été effectuée par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire. Les acides gras sont identifiés en fonction de leurs temps de rétention en comparaison avec celui des étalons purs. Leur taux est déterminé par le rapport entre l'aire des pics correspondants et la somme des aires des pics de tous les acides gras.

❖ Appareillage :

- Chromatographe en phase gazeuse approprié au fonctionnement sur colonne capillaire, de marque Agilent technologies modèle 6890 N, équipé d'un système de fractionnement, constitué de :

- Enceinte thermostatique pour la colonne, permettant de maintenir la température désirée avec une précision d'environ 0,1 °C ;
 - Ensemble d'injection thermo -réglable ;
 - Détecteur à ionisation de flamme et convertisseur-amplificateur ;
 - Régulateurs de débit pour le gaz vecteur et les gaz auxiliaires ;
- Colonne capillaire en silice fondue, au diamètre intérieur de 0,32 mm, de 30 m de long, recouverte de DB wax avec une épaisseur de 0,2 µm comme phase fixe ;
- Micro-seringue pour chromatographie en phase gazeuse de 10 µl avec aiguille cémentée ;
- Évaporateur rotatif ;
- Enregistreur-intégrateur approprié au fonctionnement avec le convertisseur amplificateur, avec un temps de réponse inférieur ou égal à 1 seconde et une vitesse de déroulement du papier variable.



Figure 2.7 : Le chromatographe en phase gazeuse (CPG)

❖ Conditions opératoires :

Les conditions opératoires générales sont les suivantes :

- Température de la colonne de 150 à 200°C, éventuellement température programmée (par ex. 165°C pendant 15 minutes, puis augmentation de 5°C/min. jusqu'à la température de 200°C) ;
- Température de l'injecteur(Split) : 250°C ;
- Température du détecteur à ionisation de flamme (FID) : de 260 à 280°C ;
- Débit de gaz vecteur (hydrogène) : 1,2 ml/min ;
- Quantité de la substance injectée : 1 µl de solution à 2 % dans l'hexane.

❖ Exécution de l'analyse :

À l'aide de la micro-seringue de 10 µl, prélever 1 µl d'hexane, aspirer 0,5 µl d'air et, par la suite, 0,5 + 1 µl de la solution de l'échantillon ; tirer encore le piston de la seringue de façon à ce que l'aiguille soit vide. Introduire l'aiguille à travers la membrane de l'ensemble d'injection et, après 1-2 secondes, injecter rapidement, puis extraire lentement l'aiguille au bout de 5 secondes. Procéder à l'enregistrement jusqu'à élution complète des esters méthyliques présents. Le tracé de la ligne de base doit toujours répondre aux conditions requises.

❖ Identification des pics :

Les esters méthyliques des acides gras apparaissent sur le chromatogramme selon une progression qui est fonction directe de leur nombre d'atomes de carbone. Les esters insaturés sont élués après les esters saturés correspondants et leur élution est fonction directe du nombre de doubles liaisons. Les esters des acides gras trans sont élués avant les isomères cis correspondants.

L'identification des esters méthyliques individuels est effectuée ensuite à travers la mesure des temps de rétention qui sont comparés aux temps de rétention de mélanges de référence. Un exemple de chromatogramme est donné en appendice G.

❖ Évaluation quantitative :

Le pourcentage de chaque acide gras est calculé automatiquement par intégrateur ou à partir du rapport entre l'aire du pic correspondant et la somme des aires de tous les pics présents selon la formule :

$$\frac{100 A_x}{\sum A}$$

Où :

A_x : Aire du pic de l'acide gras x ;

∑A : Somme des aires de tous les pics. Le résultat est exprimé avec deux décimales.

Un logiciel Chemstation HP 3365 est utilisé pour le traitement des données.

8. Analyses statistiques

Les résultats recueillis de l'analyse physico-chimique de l'huile d'olive des trois variétés étudiées : chemlal, sigoise et picual ont fait l'objet d'analyses statistiques.

Afin de vérifier une éventuelle variation significative de ces paramètres dans le temps et entre les trois variétés, des analyses ont été faites en utilisant la procédure décrite par le logiciel SYSTAT (*version 7*).

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (dates de récolte, variétés), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour Analysis Of Variance) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités.

Lorsque deux variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. Pour cela, nous avons eu recours au test cross corrélation avec le coefficient r de Pearson à l'aide du logiciel PAST (*version 1.91*).

CHAPITRE 3

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Indice de maturité

L'indice de maturité est la méthode la plus efficace pour déterminer la période de récolte optimale, développée et employée par le conseil oléicole international (COI) et qui est basé sur la pigmentation du fruit [2, 51, 60].

Pendant le processus de maturation, les anthocyanines s'accumulent dans les fruits d'olive ; elles deviennent par la suite violettes pour devenir totalement noire (figure 3.1) [58, 84].

Le développement des olives varie selon le site géographique, la variété, les pratiques culturales et la charge de l'arbre [46, 58].

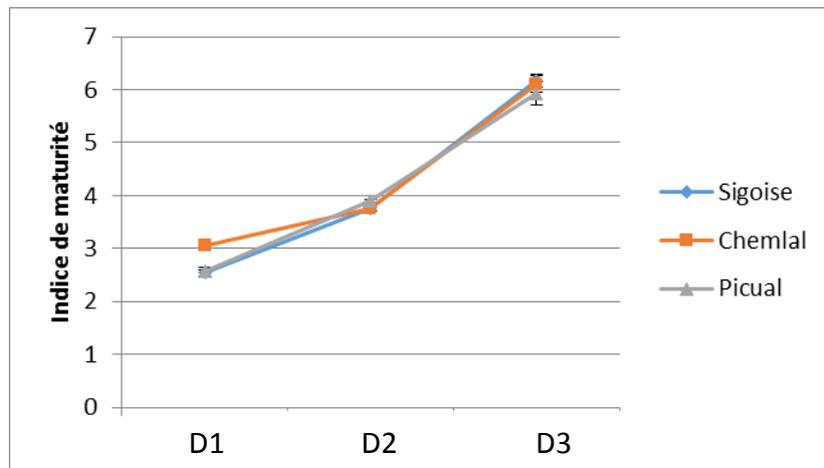


Figure 3.1 : Evolution de l'indice de maturité au fur et à mesure de l'avancement de la maturation.

2. Les indices de quantité de l'huile

2.1 Poids frais et sec des olives

Dans cette étude, nous avons montré des augmentations de poids frais de 100 fruits pendant la maturation des olives pour les trois variétés étudiées : chemlal, sigoise et picual (figure 3.2). Ainsi le poids sec continu à augmenter tout au long de cette période de maturation (appendice E) (figure 3.3).

Les poids frais et secs de sigoise sont plus grands que picual et chemlal (figure 3.4).

Les variétés chemlal, sigoise et picual ont montré une différence hautement significative ($p < 0.001$).

L'effet variétal sur les poids frais et secs est hautement significatif ($p < 0.001$).

D'après COI [2], ce sont deux paramètres nécessaires à tenir compte pour connaître la quantité de l'huile qui s'est accumulée dans le fruit. Ainsi CONDE et *al.* [8] ont considéré que le poids sec du fruit est une mesure plus précise de l'augmentation du poids de fruit.

L'augmentation du poids frais peut être due à l'accumulation de l'huile pendant le développement du fruit de vert, violet et au noir [2, 85].

Le poids du fruit dépend de la matière sèche, de l'huile extraite, de l'humidité et des conditions environnementales [86].

La différence du poids frais et sec entre les trois variétés montre que l'humidité de sigoise est plus haute que chez picual et chemlal, ceci était démontré par MAILER et *al.* [51].

L'augmentation du poids frais pendant la maturation du fruit est expliquée par la continuité de la synthèse de la matière sèche et de l'huile dans le fruit [8]. Elle a été prouvée par plusieurs auteurs [58, 85, 87, 88].

Tandis que certains auteurs ont trouvé que le poids frais augmente pendant la première phase de maturation (durcissement du noyau) et puis se stabilise, et même des diminutions pendant les stades avancés de la maturation [51, 86].

D'après les travaux du COI [26], le poids sec augmente à un rythme constant pendant les 140 premiers jours, puis ralentit notablement. L'huile ne commence à se former qu'à partir de 40 jours après la nouaison : l'accumulation est lente jusqu'au soixantième jour, intense entre le soixantième et le cent-vingtième jour puis de nouveau limitée.

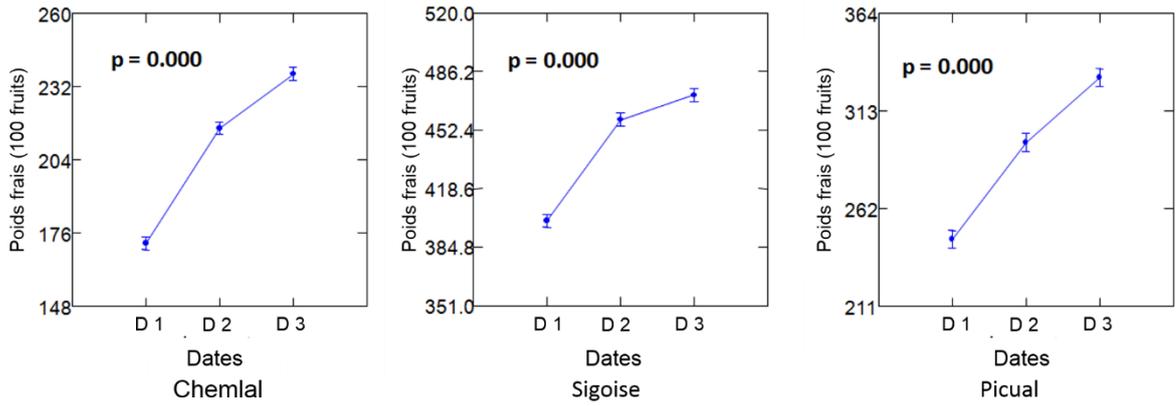


Figure 3.2 : Effet de la date de récolte sur le poids frais (100 fruits).

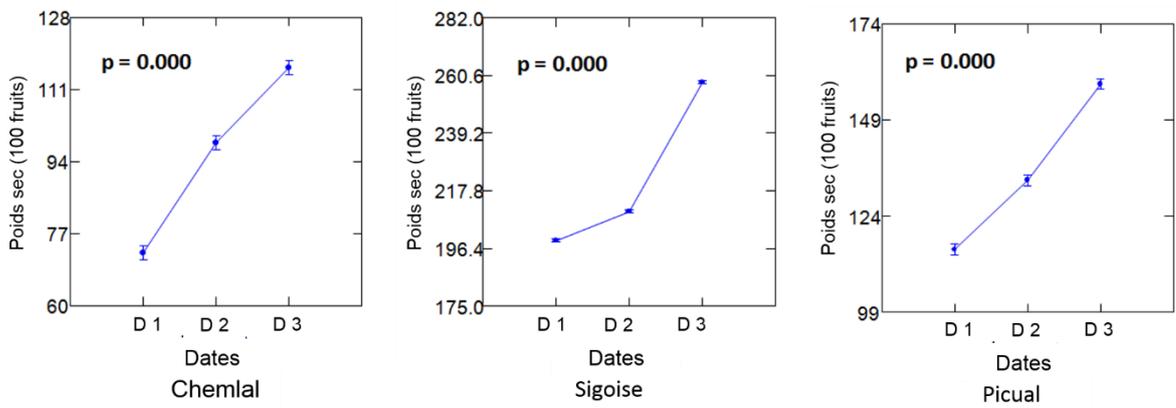


Figure 3.3 : Effet de la date de récolte sur le poids sec (100 fruits).

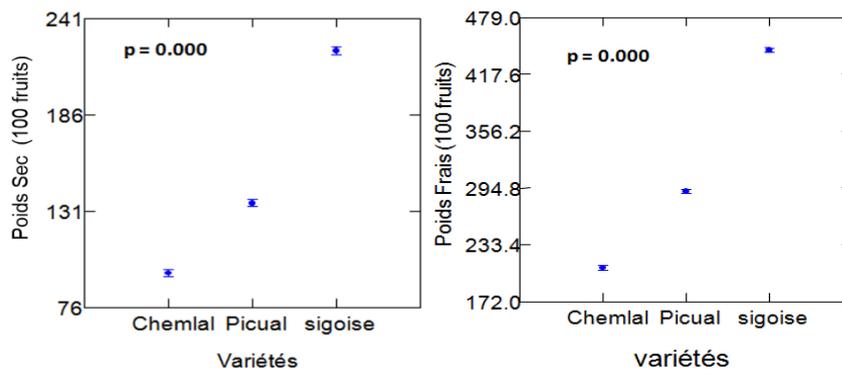


Figure 3.4 : Effet variétal sur le poids frais et sec (100 fruits).

2.2 Rapport pulpe /noyau

Les rapports pulpe/noyau ont eu des augmentations au cours de la maturation des fruits pour les trois variétés : chemlal, sigoise et picual (appendice E) (figure 3.5).

La variété sigoise a enregistré un rapport pulpe/noyau plus élevé que les deux autres variétés (figure 3.6).

Aucune différence significative n'a été remarquée entre les deux variétés chemlal et picual ($p = 0,945$), mais il y avait une différence hautement significative de ce rapport dans le temps ($p = 0,000$) (figure 3.6).

Nos résultats sont en accord avec ceux de DESOUKY et *al.* [85], GUTIERREZ et *al.* [62] et de YORULMAZ et *al.* [13].

Le poids du noyau pendant les étapes de maturité vertes, violettes et noires, n'a montré aucun changement. Il a été constaté que le poids du noyau est resté presque inchangé pendant la maturité des olives et la chair continue à progresser constamment avec l'augmentation de la maturité du fruit [85].

Des auteurs ont montré que le poids du noyau est resté constant ce qui indique qu'il a atteint son plein développement en début récolte ; le rapport pulpe/noyau a montré une croissance régulière au fur et à mesure de la progression du processus de maturation [89]. Toutefois, ce rapport demeure inférieur à 5 qui est le minimum exigé pour les fruits destinés à une élaboration en olives de table.

Le développement des olives et la maturation sont une combinaison des événements biochimiques et physiologiques qui se produisent sous la commande génétiques strictes et l'influence de plusieurs conditions environnementales [8]. Au cours de la maturation, les olives montrent des changements dans la taille, la composition, la couleur et la texture. Certains travaux montrent que le développement de la graine est une période de croissance rapide due à la division cellulaire et à l'agrandissement intense de l'endocarpe, il a lieu 30 à 60 jours après la floraison, et continue à se sclérifiées jusqu'à 90 jours [8].

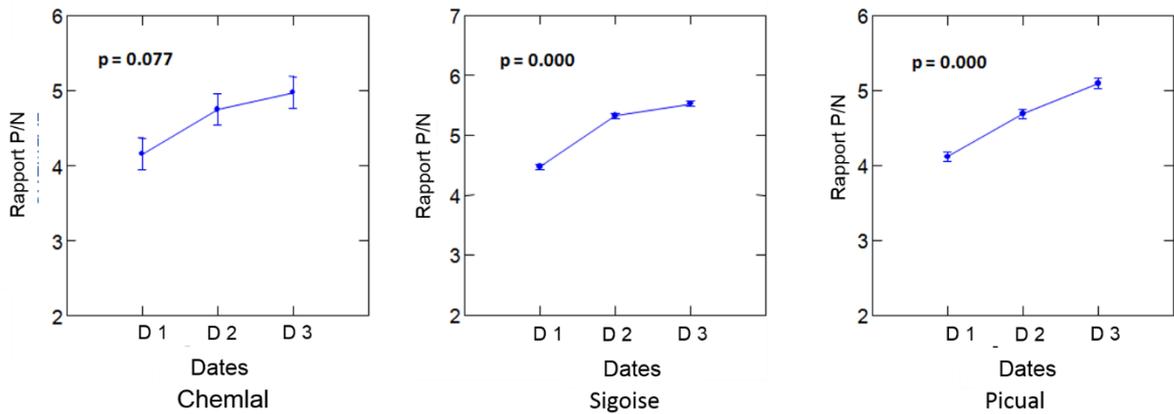


Figure 3.5 : Effet de la date de récolte sur le rapport pulpe/noyau.

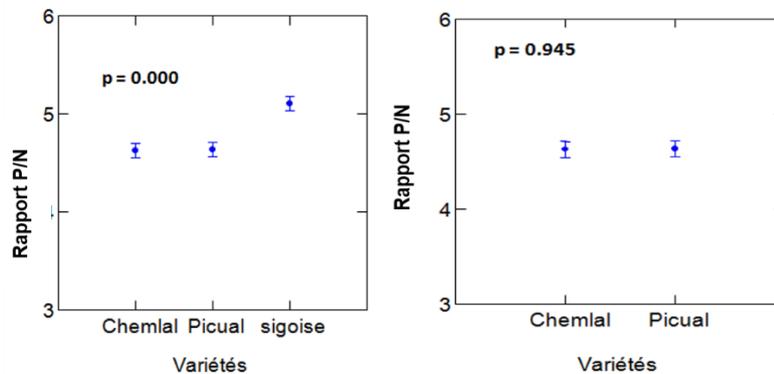


Figure 3.6 : Effet variétal sur le rapport pulpe/noyau.

2.3 Teneur en huile par rapport au poids frais et sec

2.3.1 Teneur en huile par rapport au poids frais

Le teneur en huile par rapport au poids frais augmente régulièrement avec l'avancement du degré de maturité des olives pour les trois variétés étudiées (appendice E) (figure 3.7).

Pour la variété chemlal, l'accumulation de l'huile a été rapide au cours de la première phase (entre 05 Novembre et 15 Décembre 2013) et plus au moins lente par la suite, cette variété a enregistré un teneur en huile plus haut, suivi par sigoise et picual (figure 3.8).

Une différence hautement significative a été remarquée dans le temps.

L'effet variétal sur le teneur en d'huile par rapport au poids frais est hautement significatif ($p < 0.001$).

La teneur en huile est un paramètre très important ; plusieurs auteurs ont signalé qu'elle dépend de l'interaction entre les conditions environnementales et le potentiel génétique de la variété [52, 90]. La synthèse et l'accumulation de l'huile dans le fruit se produit durant 34 semaines [47] et elle se termine pour beaucoup de cultivars 20 à 22 semaines après la floraison [59].

La variabilité du contenu en huile au cours de la maturation des olives a été montrée par plusieurs chercheurs où ils ont prouvé qu'avec une récolte tardive, il y'avait une augmentation de la teneur en huile [13, 52,59, 87].

D'autres auteurs ont pu trouver que le pourcentage en huile augmente suivant la maturation puis se ralentie vers la fin de maturité [46, 57, 85, 86, 88].

D'après les études menées par COI [2], l'huile ne commence à se former qu'à partir de 40 jours après la nouaison ; l'accumulation est lente jusqu'au soixantième jour, intense entre le soixantième et le cent-vingtième jour puis de nouveau limitée, au-delà des 120 jours à partir de la pleine floraison, le métabolisme des olives ralentit ; ce point de passage entre une forte augmentation et une augmentation limitée est une caractéristique qui varie fortement en fonction des variétés.

La teneur moyenne en huile de la variété chemlal est inférieure de ce qui est prouvée par les études menées par MENDIL et SEBAI [3]. Elle est du probablement à l'humidité élevé des olives.

L'humidité est un paramètre important qui devrait être considérée, puisque une teneur élevée en eau des fruits rend la pulpe moins résistante et peut avoir une influence sur les processus de traitement pour l'extraction de l'huile, ce qui rapporte une pâte pauvre affectant négativement la qualité et la quantité de l'huile obtenue [2, 86].

Cependant, un travail réalisé par BENGANAA et *al.* [12] sur la variété chemlal dans le centre du nord de l'Algérie n'a montré aucune variation significative du rendement en huile pendant les différentes périodes de récolte.

Ainsi, AGUILERAA et *al.* [91] ont trouvé que la teneur en huile par rapport au poids frais de la variété picual varie de 18 à 21% selon les campagnes et que

la pâte d'extraction du fruit non mûr de cette variété est classifiée en tant que pâte difficile.

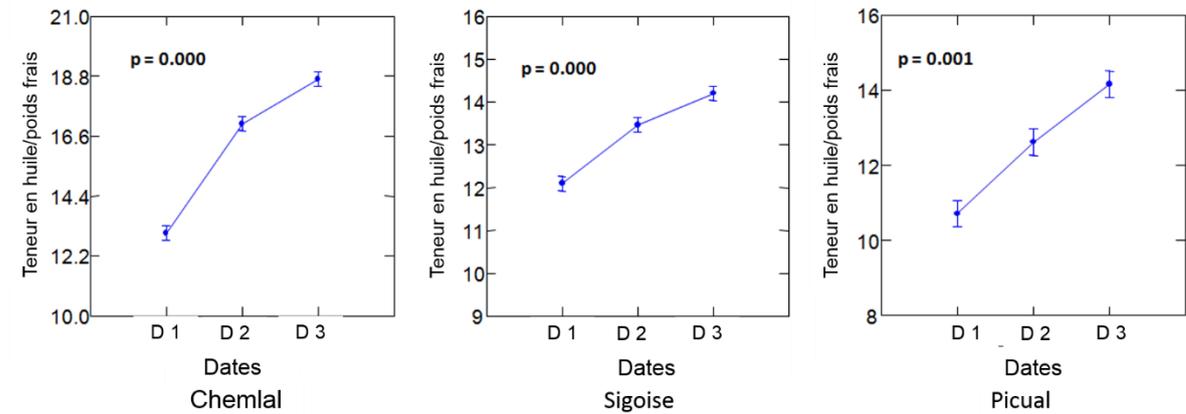


Figure 3.7 : Effet de la date de récolte sur la teneur en huile/poids frais.

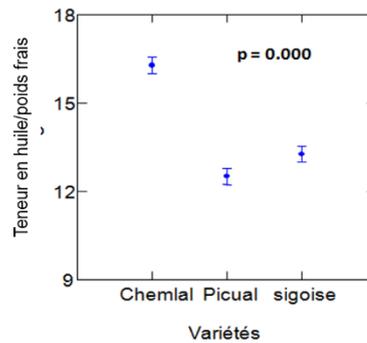


Figure 3.8 : Effet variétal sur la teneur en huile/poids frais.

2.3.2 Teneur en huile par rapport au poids sec

Le teneur en huile par rapport au poids sec augmente aussi régulièrement avec l'avancement du degré de maturité des olives pour les trois variétés étudiées (appendice E) (figure 3.9).

La variété sigoise a enregistré un taux d'huile par rapport à la matière sèche plus haut, suivi par chemlal et picual, ce qui montre que la variété sigoise a une teneur en huile très intéressante (figure 3.10).

Une différence hautement significative a été remarquée dans le temps.

L'effet variétal sur la teneur en huile par rapport au poids sec est hautement significatif ($p < 0.001$).

La teneur en matière sèche (%) du fruit est considérée comme un indicateur du contenu de l'huile [88]. L'huile extraite ne répond pas aux exigences de l'huile vierge, il nous permet que de comparer la productivité en huile [51, 90].

L'augmentation de teneur en huile par rapport à la matière sèche a été prouvé par plusieurs auteurs [8, 12, 27, 57].

La teneur en huile par rapport à la matière sèche de la variété chemlal est supérieur de celle rapportée par GHALMI [27] qui a mentionné des teneurs varient entre 36% et 43%, Ces variations des teneurs en huile sont dues à l'humidité élevé des fruits.

Les teneurs en huile par rapport à la matière sèche de la variété picual sont inférieurs de celles rapportées par AGUILERAA et *al.* [91] qui ont trouvé des teneurs variant de 42 à 48%.

Plusieurs auteurs ont signalé que les variétés d'olive sont classées en fonction de leur teneur en huile : teneur élevée (>46%), teneur moyenne (de 38 à 46%) et teneur faible (\leq 38%). Cette classification, nous permet de conclure que les deux variétés chemlal et sigoise ont une teneur moyenne en huile et la variété picual a une faible teneur [27].

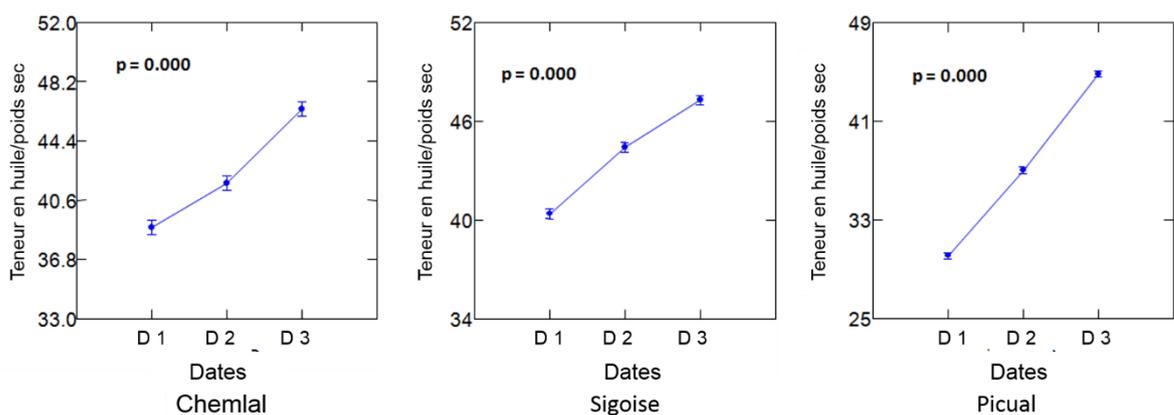


Figure 3.9 : Effet de la date de récolte sur la teneur en huile/poids sec.

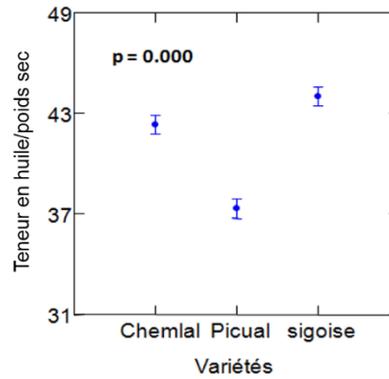


Figure 3.10 : Effet variétal sur la teneur en huile/poids sec.

2.4 Etude de la corrélation entre les indices de quantités

Tableau 3.1 : La corrélation entre les indices de quantités

	poids frais	poids sec	P/N	%huile	MGR/MS
poids frais		0,22729	0,010468	0,027322	0,15751
poids sec	0,93694		0,23776	0,19997	0,069788
P/N	0,99986	0,93106		0,03779	0,16797
%huile	0,99908	0,95107	0,99824		0,13018
MGR/MS	0,96955	0,994	0,96539	0,97916	

D'après le tableau 3.1, nous remarquons qu'il y'a des corrélations significatives et positives entre certains paramètres :

- ❖ Une corrélation significative entre le rapport P/N et le poids frais avec une probabilité $p = 0,01$ et $r = 0,999$ donc presque une corrélation complète (r tend vers 1).

Ceci est démontré par la stabilité du poids du noyau pendant la maturité du fruit et la continuité de progression de la chair [85].

- ❖ Une corrélation significative entre le teneur en huile par rapport au poids frais et le poids frais avec $p = 0,02$ et $r = 0,999$.

Plusieurs auteurs ont prouvé cette corrélation, ils ont considéré le poids frais du fruit comme un paramètre nécessaire de tenir compte pour connaître la quantité de l'huile qui s'est accumulée dans le fruit. Ainsi, ce qui varie de manière significative pendant la maturation c'est la teneur en huile. Cette période

correspond en effet encore à la phase de croissance intense de l'huile qui précède la période de plafonnement de l'oléogénèse [2, 85, 86, 87].

La maturation de l'olive est une combinaison des changements physiologiques et biochimiques influencés par plusieurs conditions environnementales et culturelles, influencée par la commande génétique stricte [8].

❖ Une corrélation significative entre la teneur en huile par rapport au pois frais et le rapport P/N avec $p = 0,03$ et $r = 0,998$

3. Les indices de qualité de l'huile

3.1 Les analyses chimiques

3.1.1 L'acidité libre

Sur la base de cet indice, tous les échantillons des huiles d'olive semblent se classer dans la catégorie « Huile d'olive vierge extra » puisque la teneur en acide gras libre des échantillons analysés reste en dessous de 0,8%.

L'indice d'acidité libre tend à augmenter légèrement pendant que la maturation du fruit progresse, il varie de 0.25% à 0.41%, 0.23% à 0.43%, 0.21% à 0.23% pour les variétés chemlal, sigoise et picual respectivement (appendice E) (figure 3.11).

La variation hautement significative de l'acidité d'huile a été obtenue à toutes les étapes de maturation, chez chemlal et sigoise ($p=0,000$) et très significative chez la variété picual ($p=0.004$). Cette différence a été hautement significative aussi entre ces trois variétés avec un taux faible dans la variété picual ($p=0,000$) (figure 3.12).

Nous remarquons qu'il y a une ressemblance entre les deux variétés chemlal et sigoise en terme d'acidité ($p > 0,05$; $p = 0,363$) (aucune différence significative).

Plusieurs auteurs ont prouvé que l'indice d'acidité augmente au cours de la maturation des olives [51, 90, 92, 93, 94].

Par ailleurs, des études faites ont montré que le degré d'acidité n'a pas différé de manière significative au cours de la période de maturation excepté la dernière date de prélèvement si les fruits sont sains [2, 13, 86].

Il y a un accord général que l'acidité est l'une des caractéristiques chimiques de l'huile d'olive qui sert à indiquer le niveau qualitatif d'une huile et à déterminer sa catégorie [95, 96, 97]. C'est une mesure de récolte et de manipulation appropriée [98]. Elle permet de donner un niveau de l'état de dégradation de la matière grasse de l'huile d'olive, qui est constituée de triglycérides [95]. Donc, elle permet de contrôler le niveau de dégradation hydrolytique, enzymatique ou chimique des chaînes d'acides gras des triglycérides [58, 96]. Ainsi, ces acides gras libres peuvent influencer la valeur organoleptique de l'huile [90, 95].

Cette variation de l'acidité en fonction du stade de maturité peut être attribuée à l'augmentation de l'activité enzymatique et particulièrement les enzymes lipolytiques [15], en provoquant des dommages et des ruptures au niveau des tissus des olives. Ainsi, les olives sont plus sensibles aux infections pathogènes et aux dommages mécaniques, qu'ont comme conséquence des huiles avec des valeurs d'acidité plus élevées [51, 99].

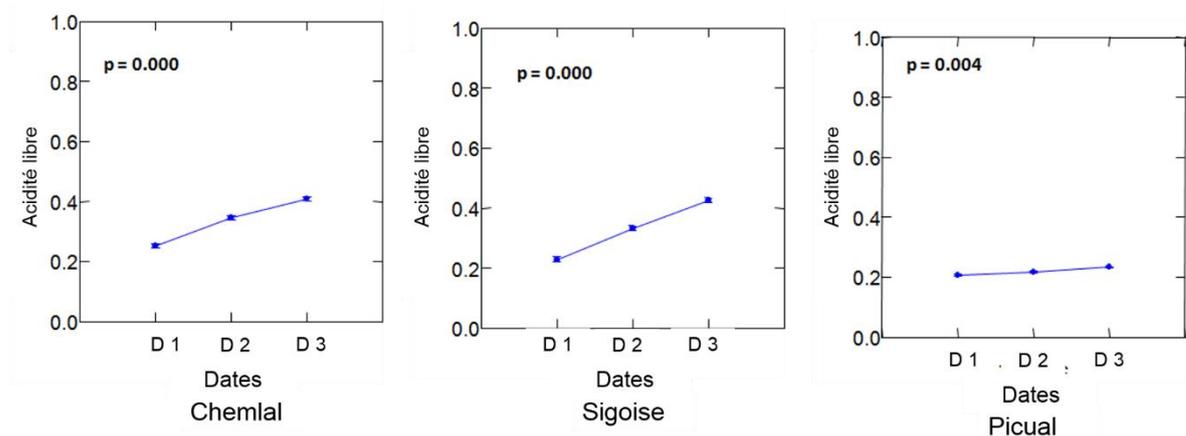


Figure 3.11 : Effet de la date de récolte sur l'acidité libre.

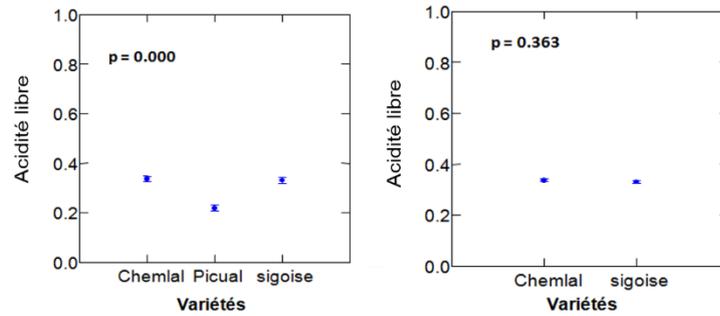


Figure 3.12 : Effet variétal sur l'acidité libre.

3.1.2 L'indice de peroxyde

Sur la base de cet indice, tous les échantillons des huiles analysés sont conformes à la norme commerciale du COI, ce qui permet de les classer dans la catégorie vierge extra ($IP \leq 20 \text{ meq O}_2 / \text{Kg}$).

L'examen de l'indice de peroxyde des huiles étudiées a permis de montrer qu'elles ont augmenté de manière hautement significative ($p=0,000$) pendant la maturation des olives pour les trois variétés (figure 3.13). Elles ont des valeurs allant de 6.2 à 19.23 et 7.37 à 12.41 et 3.62 à 13.3 meq O_2/kg de l'huile chez chemlal, sigoise et picual respectivement (appendice E).

Ainsi, l'examen a montré une différence très significative entre les variétés picual, sigoise et chemlal ($p = 0,000$), avec une valeur élevée dans la variété chemlal. Nous remarquons aussi une ressemblance entre les deux variétés sigoise et picual ($p = 0,577$), donc il n'y avait aucune différence significative (figure 3.14).

L'indice de peroxyde constitue un paramètre important de qualité des huiles alimentaires [13, 70].

La détermination de la teneur en peroxydes dans les huiles permet d'évaluer le niveau d'oxydation primaire produite au cours du stockage et/ou l'élaboration de l'huile [96, 97]. La formation des peroxydes est due à la présence de l'oxygène dissout dans l'huile et de certains facteurs favorisant (UV, eau, enzyme, trace de métaux, Cuivre, Fer...etc.).

En particulier, deux types d'oxydation peuvent être distingués: l'auto-oxydation et la photo-oxydation. Dans les deux cas, un radical libre se forme à

partir d'un acide gras insaturé qui réagit avec une molécule d'oxygène provoquant la formation d'un radical peroxydique, ceci réagit avec une autre molécule d'acide gras et forme par la suite un hydroperoxyde (auto-oxydation). D'après RAHMANI [100], l'auto-oxydation de la matière grasse fraîche (huile d'olive) évolue en 3 périodes (induction, oxydation active et accélération des réactions secondaires) et que ces périodes sont influencées par les facteurs pro-oxygènes, et notamment la lumière, la température élevée et les traces de métaux.

Dans le cas de la photo-oxydation, les radiations lumineuses (U.V) excitent une molécule du pigment (par exemple la chlorophylle) qui initie le processus de l'oxydation en présence d'oxygène. Le phénomène d'oxydation des acides gras sous l'effet de la lumière ou la température conduit à l'apparition d'une saveur caractéristique «rance». Il aboutit aussi à des modifications dans les propriétés chimiques, nutritionnelles et une dégradation de la qualité organoleptique de la matrice qui les contient. Ces altérations affectent la qualité marchande du produit et conditionne directement sa durée de vie [97].

Cette auto-oxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) qui se décomposent ultérieurement en dérivés carbonylés aldéhydes et hydrocétone (responsables de l'odeur de rance) et en divers produits oxygénés (alcools, acides...).

L'évolution de ce paramètre de qualité peut être liée à l'activité enzymatique de la lipoxygénase. En effet, plusieurs auteurs ont évalué l'activité et la relation entre ces enzymes et la teneur en peroxyde pendant la maturation des olives [53,96]. Ce comportement enzymatique précédemment décrit dans la littérature a pu expliquer le résultat obtenu en ce travail.

Plusieurs auteurs ont mentionné que les teneurs en peroxyde n'ont pas changé de manière significative au cours des périodes de maturation [2, 51, 92, 99].

D'autres auteurs ont rapporté que pendant la maturation des olives l'indice de peroxyde diminue légèrement [13, 15, 58, 86]. Ils ont prouvé ce phénomène par une diminution de l'activité enzymatique de lipoxygénase.

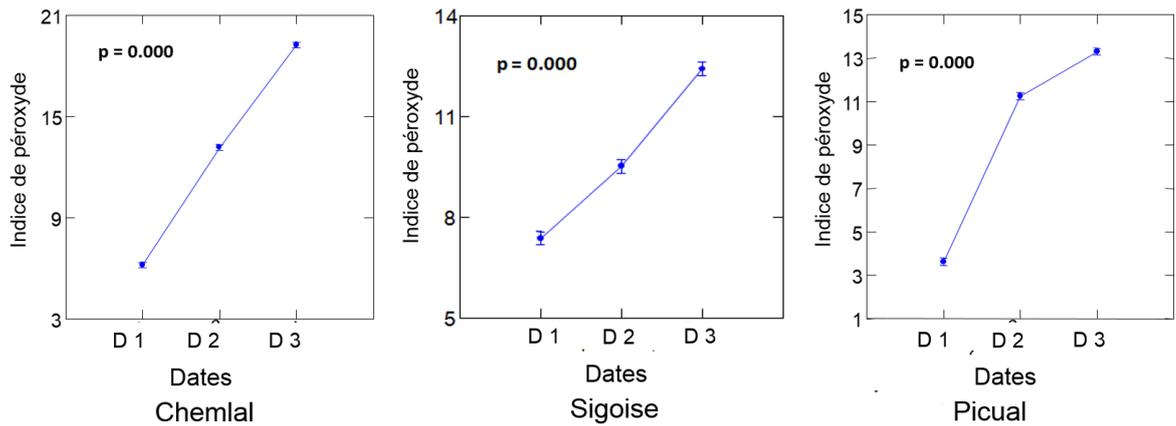


Figure 3.13 : Effet de la date de récolte sur l'indice de peroxyde.

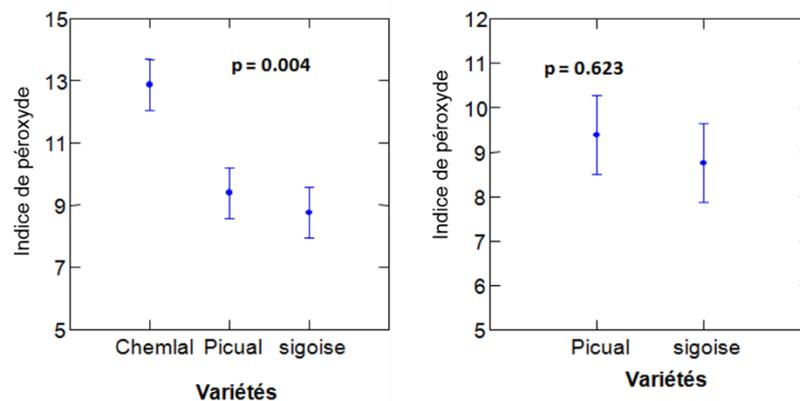


Figure 3.14 : Effet variétal sur l'indice de peroxyde.

3.1.3 L'analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet

Les résultats d'absorbance en UV montrent que tous les échantillons analysés respectent la limite permise par la norme du COI pour la classification en tant que huile d'olive vierge extra ($K_{232} \leq 2,5$ et $K_{270} \leq 0,22$ pour l'huile d'olive vierge extra).

L'évolution de l'extinction spécifique à 232 et 270 nm n'a pas montré une tendance claire pendant la maturation chez les deux variétés chemlal et sigoise, contrairement au picual qui a enregistré une diminution en valeurs pour l'extinction spécifique à 232 nm et une certaine stabilité pour l'extinction spécifique à 270 nm (appendice E) (figure 3.15 et 3.17).

Les variétés chemlal, sigoise et picual ont montré une différence hautement significative ($p < 0.001$) en termes d'extinction spécifique à 232 nm (figure 3.15).

Les variétés chemlal et sigoise ont montré une différence hautement significative ($p < 0.001$) en termes d'extinction spécifique à 270 nm, alors qu'il n'y avait aucune différence significative en valeurs pour la variété picual. Ainsi, pour la variété sigoise, il n'y a aucune différence entre la deuxième et la troisième date mais une différence hautement significative entre ces deux périodes et la première (figure 3.17).

L'effet variétal sur l'extinction spécifique à 232 et 270 nm est hautement significative ($p < 0.001$), avec une moyenne plus élevée de la variété chemlal pour les deux extinctions (figure 3.16 et 3.18).

Aucune différence significative entre la variété picual et sigoise en terme d'extinction spécifique 232 nm (figure 3.16).

L'examen spectrophotométrique dans l'ultraviolet peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse [96, 101], sur son état de conservation et sur les modifications dues aux processus technologiques [101]. Les valeurs de l'IP ≤ 20 meq O₂/Kg de l'huile ne signifient pas toujours l'absence du phénomène d'oxydation. En effet, l'extinction spécifique à 232nm et à 270nm d'une huile peut être considérée comme une image de son état d'oxydation [97]. L'extinction à 232 nm permet d'évaluer la présence de produits primaires d'oxydation des acides gras (hydroperoxydes linoléiques...), alors qu'à 270 nm les produits secondaires d'oxydation des acides gras (alcools, cétones,...) sont détectés [12, 96].

La classification des échantillons dans la catégorie vierge extra selon l'indice de peroxyde a été confirmée par les extinctions spécifiques à 232 nm et 270 nm. Ces résultats rejoignent de ce qui a été signalé par ABDELLA et *al.* [92] et TANOUTI et *al.* [97]. Ils ont montré que les caractéristiques d'absorbance dans l'ultraviolet confirment les résultats des teneurs en peroxyde.

DESOUKY et *al.* [85], ont montré que chez la variété picual, l'absorption dans l'ultraviolet à 232 et 270 nm a été augmentée aux différentes étapes de maturité. BENGANAA et *al.* [12], ont constaté aussi chez la variété chemlal que K₂₃₂ atteint la valeur la plus élevée en dernière date de la récolte et la même évolution de k₂₇₀ a été trouvée par YORULMAZ et *al.* [13].

Plusieurs auteurs ont signalé qu'il n'y avait aucune tendance claire de ces deux extinctions au cours de la maturation des olives [46, 62, 92] mais certains d'autre ont constaté que K_{232} diminue avec la maturité des olives [13, 15, 86].

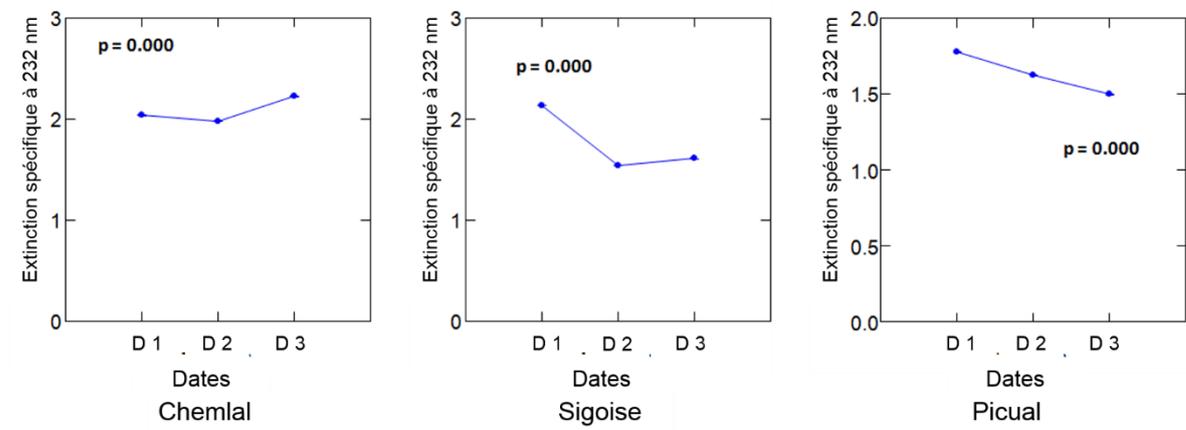


Figure 3.15 : Effet de la date de récolte sur l'extinction spécifique à 232 nm.

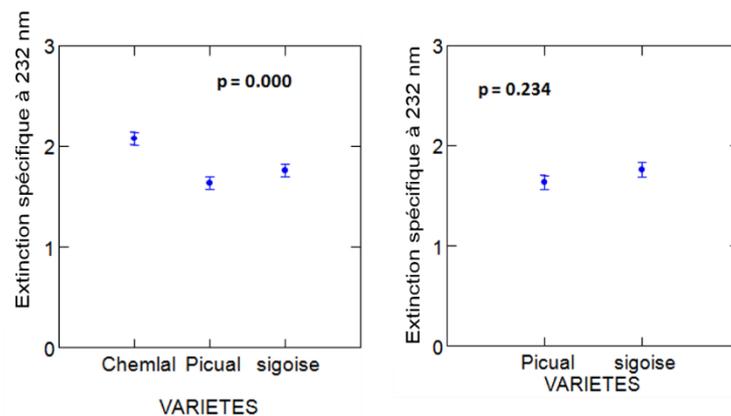


Figure 3.16 : Effet variétal sur l'extinction spécifique à 232 nm.

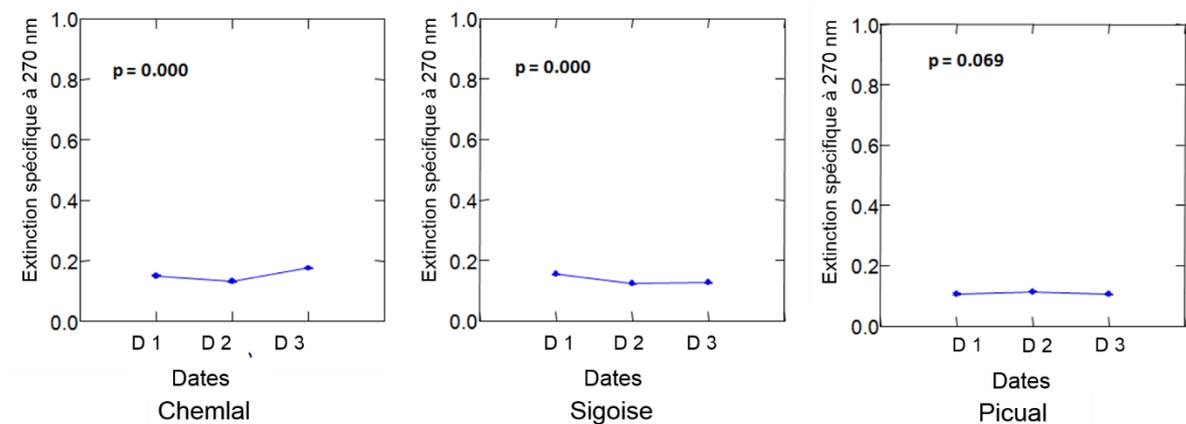


Figure 3.17 : Effet de la date de récolte sur l'extinction spécifique à 270 nm.

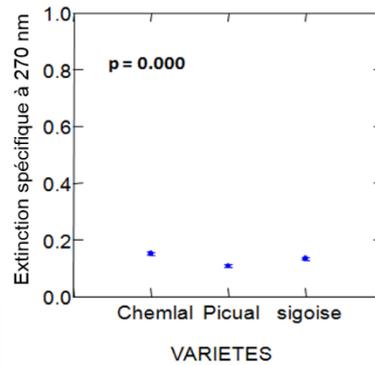


Figure 3.18 : Effet variétal sur l'extinction spécifique à 270 nm.

3.2 L'étude de la corrélation entre les indices de qualités

Tableau 3.2 : La corrélation entre les paramètres de qualité

	Acidité	Ind_péro	K270	K232
Acidité		0,036938	0,93045	0,44499
Ind_péro	0,99832		0,96739	0,48192
K270	-0,10903	-0,051203		0,48547
K232	-0,7655	-0,7269	0,72306	

❖ Nous remarquons qu'il y'a une corrélation significative et positive entre l'indice de péroyde et l'acidité libre avec $r = 0,998$ et $p = 0,03$.

❖ il y a aussi une corrélation négative mais pas significative entre l'indice de péroyde et k232, ceci peut être dû au nombre de répétition insuffisant.

3.3 Les critères de pureté

3.3.1 La composition en acides gras

La composition en acides gras est un indicateur de paramètre et d'authenticité de qualité de l'huile d'olive vierge [102].

Les acides gras identifiés sont : palmitique (C16 : 0), palmitoléique (C16: 1 ω 7), stéarique (C18 : 0), oléique (C18: 1 ω 9), linoléique (C18 : 2), linoléique (C18: 3 ω 3), arachidique (C20 : 0) et gondoïque (C20: 1 ω 9) (Tableau 3.3).

La fraction des acides gras saturés est représentée par l'acide palmitique (C16), l'acide stéarique (C18) et l'acide arachidique (C20).

La fraction des acides gras insaturés de l'huile est majoritaire. Elle est représentée par l'acide oléique (C18 :1), suivi de l'acide linoléique (C18 :2), l'acide linoléique (C18 :3), l'acide palmitoléique (C18 : 1) et l'acide gadoléique (C20 :1), avec une nette prédominance de l'acide oléique et l'acide linoléique.

En effet, les acides gras mono-insaturés ont la grande importance en raison de leur implication alimentaire et un effet sur la stabilité oxydante de l'huile avec la dominance de l'acide palmitique (figure 3.19).

Les stades de maturité influent sur les compositions en acides gras [51, 98]. Généralement, au cours de la maturation des fruits, l'huile devient moins stable, celle-ci est due à une augmentation en acides gras polyinsaturés et à une diminution du contenu total de polyphénol. Ces changements ont une importance commerciale élevée pendant qu'ils influencent nettement les caractéristiques sensorielles de l'huile, aussi bien que sa durée de conservation [58].

Tableau 3.3 : Compositions des esters méthyliques en acides gras de l'huile d'olive en au cours de la maturation des olives (%).

Acide gras	dénomination	Sigoise			Chemlal			Picual		
		28/11/2013	31/12/2013	26/01/2014	25/10/2013	15/12/2013	26/01/2014	28/11/2013	31/12/2013	26/01/2014
C16:0	Acide palmitique	8,6	7,59	7,54	13,52	15,28	13,61	10,58	9,16	9,5
C16:1 ω 7	Acide palmitoléique	0,71	0,63	0,64	1,44	1,98	1,71	1,05	0,92	0,87
C18:0	Acide stéarique	2,01	2,07	2,43	2,04	1,89	1,94	2,86	2,92	3,32
C18:1 ω 9	Acide oléique	77,95	80,55	78,52	72,34	68,89	67,47	79,7	81,68	80,53
C18:2	Acide linoléique	8,93	7,58	9,18	9,24	10,54	13,66	4,22	3,71	4,51
C18:3 ω 3	Acide linoléique	0,92	0,85	0,8	0,64	0,54	0,62	0,66	0,55	0,58
C20:0	Acide arachidique	0,28	0,26	0,25	0,41	0,38	0,35	0,36	0,33	0,33
C20:1 ω 9	Acide gondoïque	0,32	0,34	0,33	0,32	0,25	0,26	0,22	0,23	0,2

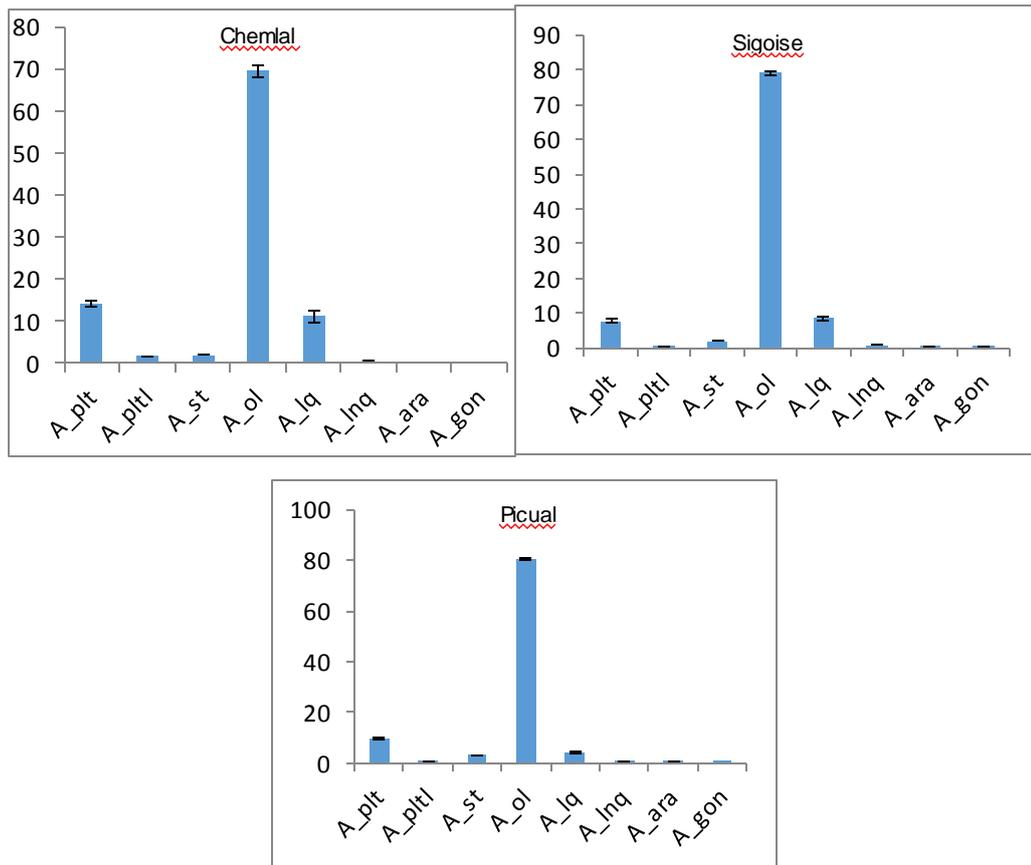


Figure 3.19 : Compositions des esters méthyliques en acides gras de l'huile d'olive.

3.3.1.1 L'acide palmitique

L'ensemble des échantillons sont conformes à la fourchette établie par la norme du COI (7,5-20%) (Tableau 3.3).

L'acide palmitique comme le principal acide gras saturé dans leurs gammes. Il a enregistré une certaine diminution pendant la première phase de maturation chez les variétés sigoise et picual, puis une stabilité de celui-ci.

Pour la variété chemlal, cet acide augmente puis diminue vers la fin maturité.

La variété sigoise a enregistré le niveau le plus bas en termes d'acide palmitique (figure 3.20).

La baisse teneur d'acide palmitique est considérée comme un critère qui peut améliorer la qualité de l'huile d'olive [103].

La diminution de l'acide palmitique concorde parfaitement avec celle remarquée par plusieurs auteurs [13, 15, 51, 58, 85].

GUTIERREZ et *al.* [68] ont rapporté ce déclin à un effet de dilution provoqué par une quantité constante d'acide palmitique.

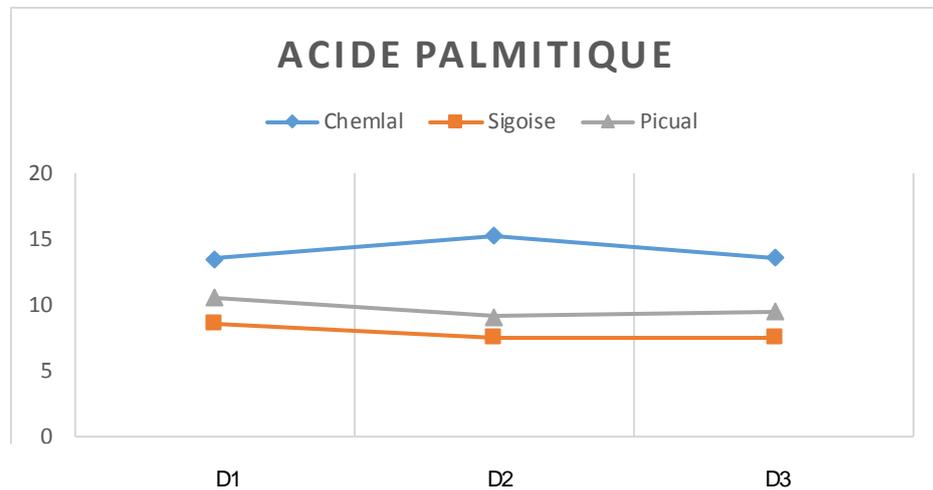


Figure 3.20 : Effet de la date de récolte sur l'acide palmitique.

3.3.1.2 L'acide palmitoléique

Toutes les valeurs retenant de l'acide palmitoléique correspondent aux limites de référence (0,5-3,5 %) fixées par le COI (Tableau 3.3).

Cet acide n'a montré aucune tendance claire chez la variété chemlal, alors qu'il a diminué légèrement au cours des deux premières périodes (Novembre et Décembre) et a enregistré une certaine stabilité vers la fin maturité (Janvier) chez les variétés sigoise et picual (figure 3.21).

Le contenu le plus haut en acide palmitique est enregistré chez la variété chemlal.

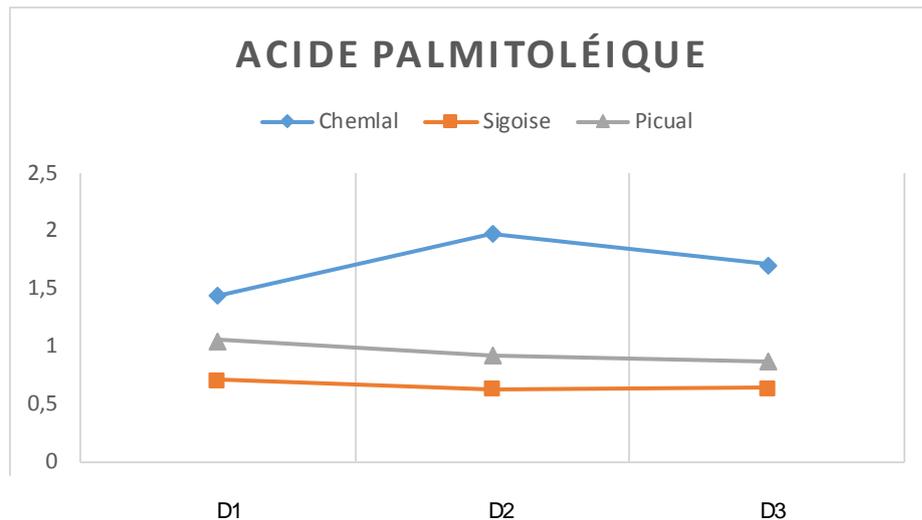


Figure 3.21 : Effet de la date de récolte sur l'acide palmitoléique.

3.3.1.3 L'acide stéarique

Toutes les valeurs se situent à l'intérieur des limites fixées dans la norme commerciale pour l'huile d'olive (0,5-5%) (Tableau 3.3).

Il y'a une augmentation légère dans le moyen d'acide stéarique des huiles d'olive des variétés sigoise et picual. Tandis que l'huile de chemlal a enregistré une stabilité au cours de la maturation (figure 3.22).

L'acide stéarique peut être utilisé pour la distinction variétale (FIORINO et NIZI GRIFI, 1991 in RABIHA [103]).

L'évolution de cet indice a été démontrée vers l'augmentation [51] ou vers la diminution [13, 84, 85] suivant les variétés. En effet, BACCOURI et *al.* [15] ont prouvé une augmentation chez la variété chetoui et une diminution chez la variété chemlali.

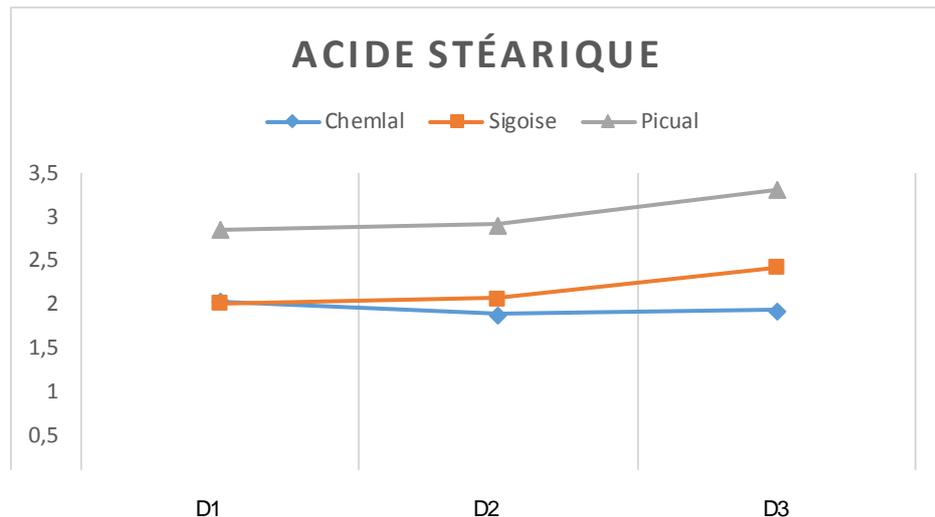


Figure 3.22 : Effet de la date de récolte sur l'acide stéarique.

3.3.1.4 L'acide oléique

Nous regroupons sous la dénomination : acide oléique (C18 :1 ω 9) et acide cis-Vaccénique (C18 :1 ω 7).

D'après nos résultats, nous constatons que toutes les huiles d'olive étudiées répondent aux critères de base émis par le COI pour être qualifiées « d'extra-vierges » puisqu'elles se trouvent dans la fourchette (55-83%) (Tableau 3.3).

L'acide gras principal de l'huile d'olive, a montré une diminution légère chez la variété chemlal. Cet acide n'a montré aucun changement pendant la maturation chez les variétés sigoise et picual (figure 3.23).

Le niveau le plus élevé d'acide oléique a été déterminé chez la variété picual.

Cette variabilité peut être due aux facteurs génétiques et aux conditions environnementales puisqu'il y a des rapports peu clairs au sujet de la voie d'acide oléique en réponse au processus de maturation.

La stabilité de cet indice a été également observée par MAILER et *al.* [51].

Bien que, plusieurs chercheurs aient constaté que l'acide oléique diminue au cours de la maturation des olives [15, 58, 92]. Selon TANOUTI et *al.* [102], lors de la maturation des olives, le phénomène d'accumulation des lipides est accompagné d'une augmentation de l'insaturation des acides gras avec particulièrement une baisse du taux d'acide oléique en faveur de l'acide linoléique.

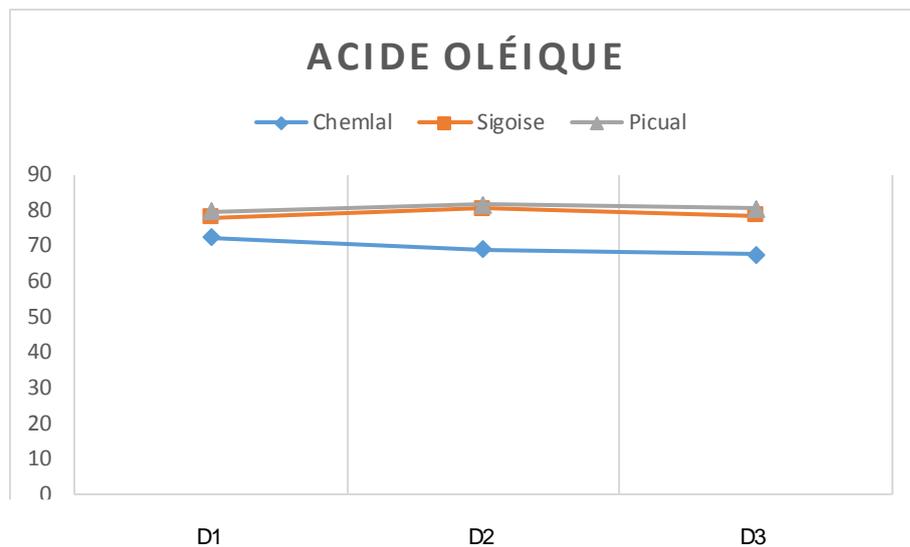


Figure 3.23 : Effet de la date de récolte sur l'acide oléique.

3.3.1.5 L'acide linoléique

Les valeurs moyennes enregistrées sont en parfaite concordance avec celles indiquées dans la fourchette décrite par la norme du COI (3,5- 21%) (Tableau 3.3).

Il y'a une augmentation légère de cet acide chez la variété chemlal. Chez les variétés sigoise et picual, une diminution légère qui a été remarquée entre les deux premières dates, puis une augmentation vers la fin maturité (figure 3.24).

La variété chemlal a enregistré le niveau le plus élevé d'acide linoléique.

Ainsi, nous avons constaté que tous les échantillons analysés sont caractérisés par un contenu en acide linoléique inférieur à 10%, sauf pour les deux dernières dates de chemlal. Cependant, pour une meilleure conservation de la qualité du produit, il convient que les huiles d'olives ne contiennent pas plus de

10% d'acide linoléique, car cet acide gras est le principal responsable du vieillissement chimique de l'huile [104].

Les valeurs de cet acide gras se situant le plus souvent entre 8 et 10%, ce qui est vraisemblablement imputable au retard avec lequel il est parfois procédé aux opérations de la récolte [105].

En outre, d'après CONDE et *al.* [8], l'augmentation synchronisée des acides insaturés et de la diminution d'acide gras en antioxydants des huiles produites à partir des olives noires trop mûres fait une auto-oxydation plus favorable de ces huiles pendant le stockage.

Ce comportement pourrait être expliqué par l'activité de l'enzyme désaturase d'oléate transformant l'acide oléique en linoléique [62]. Ainsi, la baisse de la température augmente la désaturation de l'oléate à linoléate dans des graines oléagineuses. Donc l'augmentation du contenu d'acide linoléique peut donc être liée à la réduction progressive de la température entre Octobre et Janvier car la maturation d'olive progresse [58].

L'acide linoléique contribue vers l'instabilité de l'huile et qui est due à l'acide gras polyinsaturé instable [51].

Les résultats de chemlal confirment également ceux de BENGANAA et *al.* [12] sur la même variété, et ce qui a été montrée par plusieurs auteurs chez d'autres variétés [15,58, 62, 87, 92].

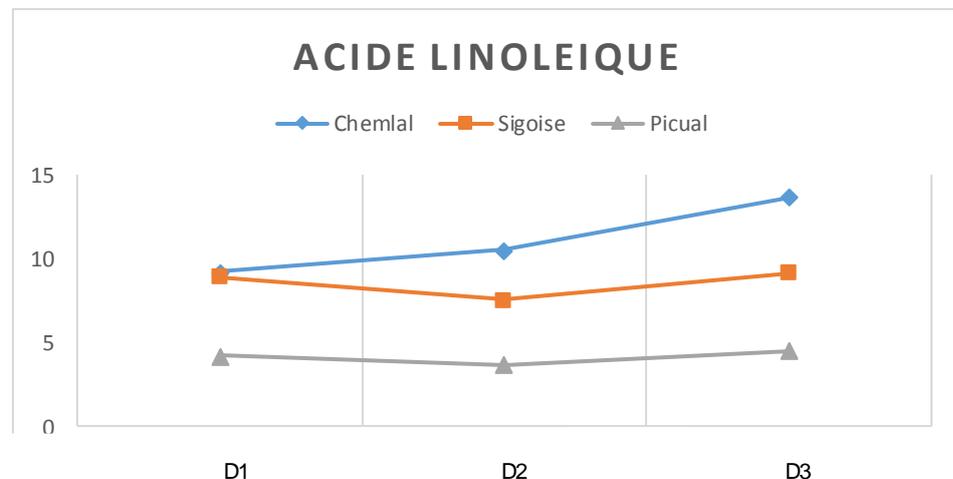


Figure 3.24 : Effet de la date de récolte sur l'acide linoléique.

3.3.1.6 L'acide linoléique

D'après nos résultats, tous les échantillons présentent ne dépasse pas la limite supérieure donnée par le COI (≤ 1) (Tableau3.3).

Le pourcentage d'acide linoléique a diminué pendant la maturation chez la variété sigoise. Alors chez les deux autres variétés chemlal et picual, il y'a une diminution pendant les deux premières phases, puis une légère augmentation vers la fin maturité (figure 3.25).

Les résultats de sigoise confirment ceux trouvés par d'autres auteurs, ils ont signalé que ce composant est instable et peut augmenter le taux d'oxydation [92].

Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par RABIHA [103], pour 26 variétés algériennes.

Les travaux du COI [2] ont montré que les températures élevées durant la maturation du fruit provoquent une augmentation de l'acide linoléique dans l'huile.

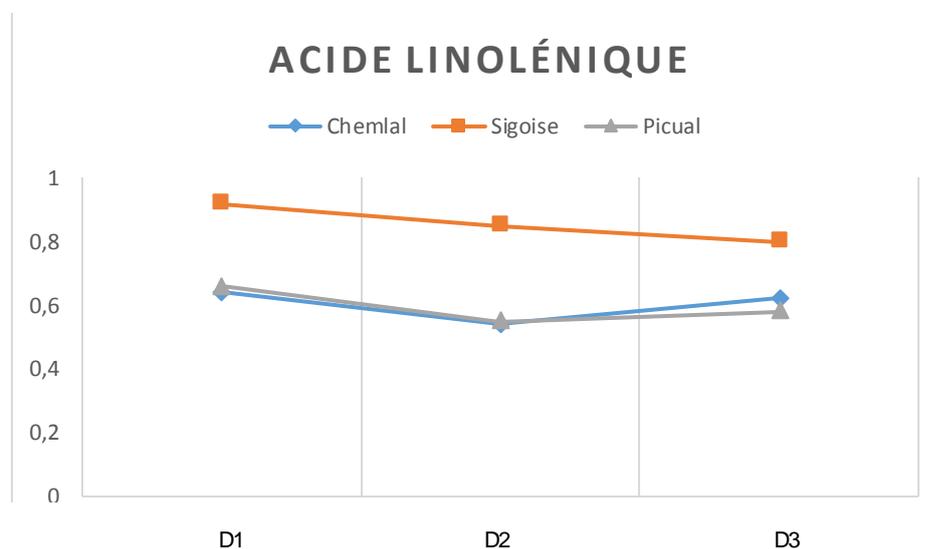


Figure 3.25 : Effet de la date de récolte sur l'acide linoléique.

3.3.1.7 L'acide arachidique

Tous les échantillons sont inférieurs à la norme établie par le COI (≤ 0.6) (Tableau3.3).

Le moyen de cet acide gras minoritaire tend vers la diminution pour les trois variétés avec une certaine stabilité vers la fin maturité chez picual (figure 3.26).

Nous avons constaté un niveau plus élevé chez la variété chemlal.

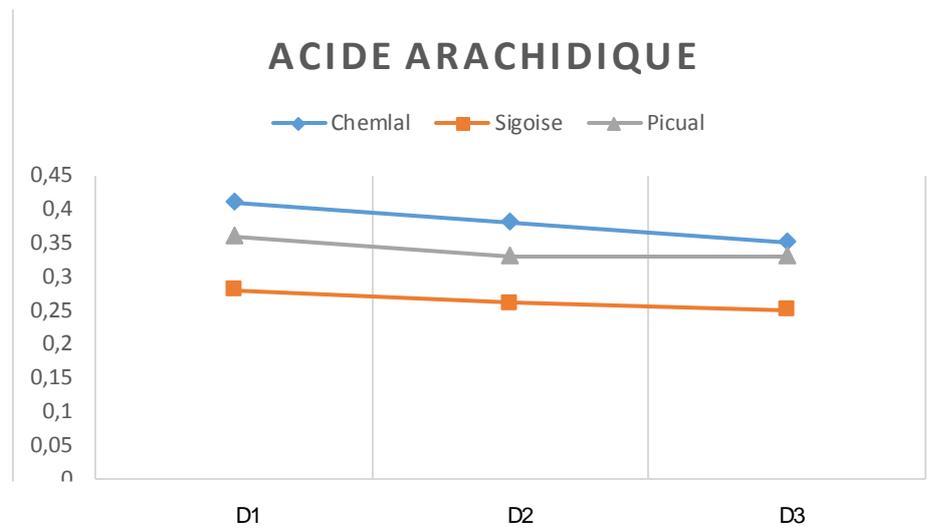


Figure 3.26 : Effet de la date de récolte sur l'acide arachidique.

3.3.1.8 L'acide gondoïque

Le niveau de cet acide gras minoritaire n'a montré aucune tendance claire au cours de la maturation des olives (figure 3.27).

Un niveau plus élevé chez la variété sigoise a été constaté.

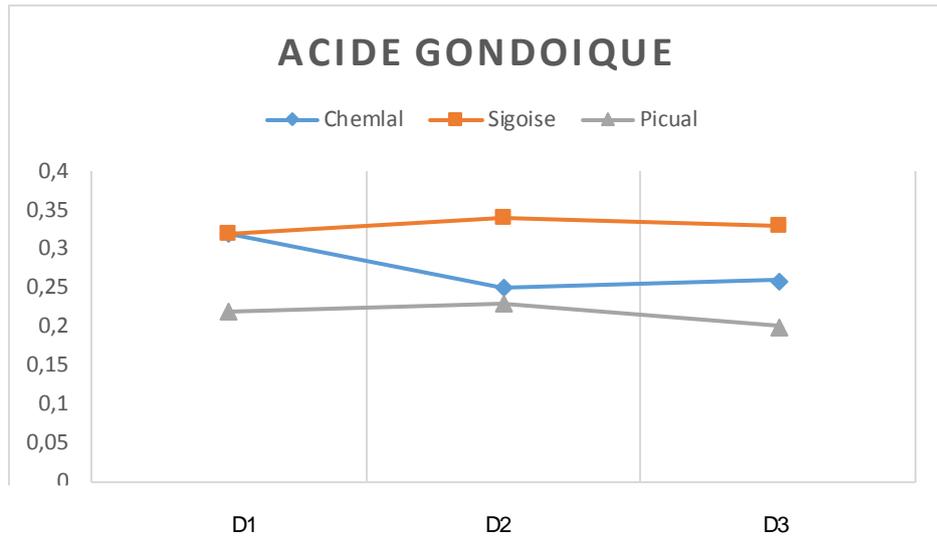


Figure 3.27 : Effet de la date de récolte sur l'acide gondoique.

CONCLUSION

Au terme de ce travail, les résultats obtenus au cours de cette étude sur trois variétés : chemlal, sigoise et picual au niveau de la wilaya de Sidi bel Abbes mettent en évidence que la période de récolte a une influence certaine sur les caractéristiques physico-chimiques et les compositions en acides gras de l'huile d'olive.

Les olives doivent être récoltées au moment où elles contiennent la plus grande quantité de l'huile et de la meilleure qualité possible. À cet effet, nous avons étudié l'évolution de ces paramètres au cours de la maturation des fruits durant trois mois (Novembre, Décembre et Janvier), car le suivi de leur évolution peut permettre de déterminer une période optimale de récolte.

L'augmentation du poids des fruits, l'évolution de la teneur en huile et le nombre de fruits restés sur l'arbre se sont des paramètres qui doivent être bien évalués pour connaître la quantité de l'huile qui s'est accumulée dans les fruits.

L'étude menée par COI [2] montre que la chute des fruits progresse au fur et à mesure que les fruits de l'avancement de la maturation des olives.

Au cours de la maturation des olives, le poids frais et le poids sec des fruits influencent le plus la quantité de l'huile, qui sont des facteurs difficiles à observer sur verger. En effet, nous avons prouvé une augmentation du poids sec des fruits. Ainsi, la teneur en huile progresse. Cette période correspond en effet encore à la phase de croissance intense de l'huile qui précède la période de plafonnement de l'oléogénèse.

En effet, chez la variété chemlal, il y'a un passage entre une forte augmentation du taux de l'huile par rapport au poids frais et une lente augmentation. Une continuité d'accumulation de celle-ci chez les variétés sigoise et picual a été enregistrée. Par contre, la teneur en huile par rapport au poids sec augmente régulièrement au cours de la maturation des fruits chez les trois variétés.

Pour déterminer la qualité de l'huile, nous avons testé l'acidité, l'indice de peroxydes, les absorbances en ultraviolet (k232 et k270) et la composition en acides gras.

Sur la base de l'indice de maturité, nous avons montré le changement de la couleur des olives pendant les différents stades de maturité. La couleur des fruits influence la couleur de l'huile, car la chlorophylle reste en partie dans l'huile.

Avec la maturation, la pulpe devient moins consistante. La fermeté de la pulpe dépend de l'état de polymérisation des pectines passant de complexes à simples [2]. Dans ces conditions, les fruits sont plus sensibles aux dégâts provoqués par les attaques de la mouche de l'olive et par les manipulations durant et après la récolte.

Tous les paramètres chimiques étudiés sont conformes aux normes commerciales du COI avec certains changements :

- ❖ Une augmentation légère de l'indice d'acidité et une augmentation régulière de l'indice de peroxyde sont prouvées.

- ❖ Les extinctions spécifiques 232 nm et 270 nm confirment les résultats de l'indice de peroxyde chez les variétés chemlal et sigoise. Contrairement au picual qui marque une diminution pour l'extinction spécifique à 232 nm et une certaine stabilité pour l'extinction spécifique à 270 nm.

- ❖ L'acide palmitique augmente puis diminue vers la fin maturité chez la variété chemlal. Il diminue légèrement pendant la première phase de maturation puis se stabilise chez les variétés sigoise et picual,

- ❖ Une diminution légère de l'acide oléique chez la variété chemlal et une stabilité chez les variétés de sigoise et picual.

- ❖ Une augmentation légère de l'acide linoléique vers la fin maturité.

En combinant les paramètres relatifs à la quantité de l'huile que nous avons testé et ceux correspondant à sa qualité, il est possible de déterminer une fourchette optimale de récolte. Par ailleurs, suivant les résultats obtenus il est difficile de jumeler les paramètres de quantité et celles de la qualité.

Donc, la récolte des olives à huile doit être réalisée dans une période optimale qui correspond à celle où les fruits sont encore sur la plante et ont une teneur élevée en huile de bonne qualité.

La progression de la chute, de la fermeté, du poids frais et sec, de la teneur en huile avec l'augmentation de l'acidité et l'indice de peroxyde, sachant que la composition en acide gras (acide oléique, linoléique et palmitique principalement) ne porte pas des grandes altérations sur l'huile ; ceci veut dire que chez la variété chemlal, le 15 Décembre avec un indice de maturité 3.76 est défini en tant qu'une date de récolte adéquate pour obtenir une huile de bonne qualité en quantité suffisante. Ainsi, le 31 Décembre est la date idéale avec des indices de 3.74 et 3.89 chez les deux variétés sigoise et picual respectivement.

En effet, il est impossible de limiter la récolte dans une date précise. A ce moment, on peut dire que pendant cette campagne le mois de Décembre est une fourchette optimale de cueillette des olives à huile dans la willaya de Sidi Bel Abbas.

Pour mieux exploiter cette période, il faut tenir compte des capacités du chantier où la mécanisation nous a permis d'écourter la durée de l'opération et de la concentrer dans la période la plus indiquée. Ainsi, les conditions climatiques adverses qui peuvent retarder la récolte et les risques de basses températures qui pourraient endommager l'intégrité de la pulpe et affecter la qualité de l'huile.

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

- I.T.A.F.V : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne.
- R.I.R.D.C.A : Rural Industries Research and Development Corporation Australian.
- C.O.I : Conseil Oléicole International.
- M.A.D.R : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- HVFA : Huile Végétal à des Fins Alimentaires.
- F.A.O : Food and Agriculture Organisation.
- A.F.I.D.O.L : Association Française Interprofessionnelle de l'Olive.
- I.I.C.E : Institut Italien pour le Commerce Extérieur.
- HVFA : Huiles Végétales Fluides Alimentaires.
- INVA : Institut National de la Vulgarisation Agricole.
- nm : nanomètre.
- MGR/MS : Matière grasse par rapport à la matière sèche.

APPENDICE B

Production et consommation d'huile d'olive dans les pays traditionnels au cours
des années 1991-2013 (1 000 t).

Pays	Production					Consommation				
	Moy 1991- 2000	Moy 2001- 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	Moye 1991- 2000	Moye 2001- 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013
Espagne	676.7	1125.4	1391.9	1613.4	820.0	447.9	566.8	554.2	582.1	550
Italie	498.9	597	440	450	490	662.3	752.7	660	724.5	695
Grèce	352.7	369.1	301	295	350	223	259.9	227.5	212.5	208
Tunisie	172.8	150.7	120	180	220	54.2	40	30	40	40
Turquie	92.4	123	160	191	195	63.2	71.6	131	150	160
Syrie	83.3	134.1	180	198	198	77.8	110.9	130.5	135.5	135.5
Maroc	52.9	75	130	120	100	45.4	61.8	100	90	85
Portugal	38.4	38.8	62	76.2	68.6	56.1	72.7	82	73.8	73.8
Algérie	31.2	33.5	67	54.5	56.5	34.6	34.1	59	57	55.5
Lybie	7.2	10.5	15	15	15	10.8	11.3	15	15	15
Egypte	1.1	4	4	10	6.5	1.5	3.9	5	8	7
Monde	2066.2	2776.9	3075	3408.5	2718	2073.8	2765.7	3061	3210	3137

(COI, 2012)

APPENDICE C

Consommation d'huile d'olive dans les nouveaux pays consommateurs au cours des années 1991-2013 (1 000 t)

Pays	Moy 1991-2000	Moy 2001-2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013
USA	119.6	223	275	294	294
France	53.5	100.6	112.8	111.2	112.5
Brésil	20	31.1	61.5	68	70
Royaume- Uni	19.7	50.2	69.5	57.7	57.7
Allemagne	17.9	43.9	58.8	55.9	59
Australie	18.2	35.5	44	44.5	42.5
Japon	16	31.6	35.5	42	42
China	0	3	29.5	40	41
Canada	15.2	28.9	40	38.5	38
Russia	3.9	10.4	21	24	24
Monde	2073.8	2765.7	3061	3210	3137

(COI, 2012)

APPENDICE D

Variétés Algériennes de l'olivier. (MENDIL et SEBAI, 2006)

Dénomination variétale	Localisation géographique	Destination
Abani	Oued el Arab - Khenchela -	Olive à huile
Aberkane	Akbou - Bejaia -	Double fins
Aaleh	Chechar - Khenchela -	Olive à huile
Aghchren d'el ousseur	Bougaa - Sétif -	Double fins
Aghchren de titest	Hammam Guergour - Sétif -	Double fins
Aghenfas	Bougaa - Sétif -	Double fins
Agrarez	Tazmalt - Bejaia -	Double fins
Aguenaou	Bousselah - Sétif -	Double fins
Aharoun	Haute de Vallée de Soummam	Double fins
Aimel	Ait Aimel - Bejaia -	Olive à huile
Akerma	Hammam Guergour - Sétif -	Double fins
Azeradj	Sedouk - Bejaia -	Double fins
Blanquette de Guelma	Guelma	Olive à huile
Bouchouk Guergour	Guergour - Sétif -	Double fins
Bouchouk lafayette	Bougaa - Sétif -	Double fins
Bouchouk soummam	Sidi Aich - Bejaia -	Double fins
Boughenfous	Bouandas - Sétif -	Olive à huile
Bouichret	Tazmalt - Bejaia -	Olive à huile
Boukaila	Constantine	Olive à huile
Bouricha	Elharrouch - Skikda -	Olive à huile
Chemlal	Kabilye	Olive à huile
Ferkani	Ferkane - Tébessa -	Olive à huile
Grosse de hamma	Constantine	Double fins
Hamra	Jijel	Olive à huile
Limli	Sidi Aich - Bejaia -	Olive à huile
Longue de miliana	Khemis Miliana, Cherchel et	Double fins
Mekki	Khenchela	Olive à huile
Neb-djemel	Chechar - Khenchela -	Olive à huile
Ronde de miliana	Miliana - Ain Defla -	Double fins
Rougette de mitidja	Plaine de Mitidja	Olive à huile
Sigoise	Plaine de Sig - Mascara -	Double fins
Souidi	Chechar - Khenchela -	Olive à huile
Tabelout	Babors - Bejaia -	Olive à huile
Tefah	Sedouk - Bejaia -	Double fins
Takesrit	Elkseur - Bejaia -	Double fins
Zeletni	Chechar - Khenchela -	Olive à huile

APPENDICE E

Effet de la date de récolte sur les paramètres de quantité et de qualité de l'huile d'olive.

	Chemlal			Sigoise			Picual			Norme (COI)
	C ₁	C ₂	C ₃	S ₁	S ₂	S ₃	P ₁	P ₂	P ₃	
Date de Récolte	05/11	15/12	26/01	28/11	31/12	26/01	28/11	31/12	26/01	-
IM	2.23± 0.02	3.76± 0.05	6.11± 0.15	2.56± 0.08	3.74± 0.04	6.17± 0.12	2.57± 0.03	3.89± 0.03	5.92± 0.22	-
Poids Frais (100 fruits)	172.110 ±1.40	216.095 ±1.68	236.881 ±3.63	400.112 ±0.11	458.400 ±0.63	472.580 ±6.48	246.053 ±3.05	296.590 ±1.21	330.525 ±7.30	-
Poids Secs (100 fruits)	72.474 ±0.62	98.402 ±0.86	116.103 ±2.76	199.378 ±0.69	210.153 ±0.40	258.066 ±0.30	115.352 ±0.81	133.341 ±0.68	158.389 ±2.15	-
Rapport P/N	4.158 ± 0.14	4.746 ± 0.28	4.977 ± 0.18	4.474 ± 0.05	5.32 ± 0.01	5.524 ± 0.06	4.118 ± 0.06	4.69 ± 0.05	5.097 ± 0.08	-
% huile	13.04 ± 0.12	17.06 ± 0.41	18.7 ± 0.13	12.093 ± 0.20	13.46 ± 0.12	14.203 ± 0.18	10.713 ± 0.60	12.627 ± 0.07	14.163 ± 0.14	-
% MGR/MS	38.85 ±0.55	41.67 ±0.32	46.443 ± 0.48	40.377 ±0.11	44.417 ±0.38	47.280 ±0.30	30.113 ±0.44	37.033 ±0.04	44.810 ±0.09	-
Acidité libre	0.25 ± 0.003	0.35 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.33 ±0.003	0.43 ±0.01	0.21 ±0.003	0.22 ±0.003	0.23 ±0.003	≤ 0.8
Ind. Péroxyde	6.2 ± 0.01	13.17 ± 0.09	19.23 ± 0.28	7.37 ± 0.18	9.51 ± 0.29	12.41 ± 0.06	3.62 ± 0.22	11.24 ± 0.14	13.3 ± 0.13	≤20 meq O ₂ /kg
K ₂₃₂	2.035 ±0.001	1.976 ±0.003	2.222 ±0.002	2.132 ±0.00	1.539 ±0.00	1.608 ±0.001	1.777 ± 0.001	1.624 ± 0.003	1.499 ± 0.002	≤ 2.5
K ₂₇₀	0.15 ± 0.002	0.132 ±0.00	0.175 ±0.00	0.154 ±0.00	0.123 ± 0.001	0.127 ±0.00	0.106 ± 0.003	0.114 ± 0.002	0.105 ± 0.00	≤ 0.22

APPENDICE F

Analyse de la variance des poids frais (100 fruits) (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	6562,093	2	3281,046	182,786	0,000
Erreur	107,701	6	17,95	.	.

Analyse de la variance des poids frais (100 fruits) (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	8850,29	2	4425,145	104,282	0,000
Erreur	254,607	6	42,434	.	.

Analyse de la variance des poids frais (100 fruits) (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	10840,99	2	5420,495	84,500	0,000
Erreur	384,885	6	64,148	.	.

Analyse de la variance des poids frais (100 fruits) (entre chemlal, picual et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	25751,448	2	12875,724	226,773	0,000
Variétés	256561,134	2	128280,567	2259,331	0,000
Erreur	1249,119	22	56,778	.	.

Analyse de la variance des poids sec (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	2889,071	2	1444,535	164,836	0,000
Erreur	52,581	6	8,763	.	.

Analyse de la variance des poids sec (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	5855,966	2	2927,983	4088,735	0,000
Erreur	4,297	6	0,716	.	.

analyse de la variance des poids sec (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	2803,144	2	1401,572	244,619	0,000
Erreur	34,378	6	5,73	.	.

Analyse de la variance des poids sec 25 fruits (entre chemlal, picual et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	10779,436	2	5389,718	137,876	0,000
Variétés	75721,38	2	37860,69	968,528	0,000
Erreur	860,001	22	39,091	.	.

Analyse de la variance du rapport P/N (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	1,068	2	0,534	4,064	0,077
Erreur	0,788	6	0,131	.	.

Analyse de la variance du rapport P/N (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	1,861	2	0,931	159,174	0,000
Erreur	0,035	6	0,006	.	.

Analyse de la variance du rapport P/N (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	1,451	2	0,726	58,207	0,000
Erreur	0,075	6	0,012	.	.

Analyse de la variance du rapport P/N (entre chemlal, picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	2,491	2	1,245	19,552	0,000
Variétés	0,000	1	0,000	0,005	0,945
Erreur	0,892	14	0,064	.	.

Analyse de la variance du rapport P/N (entre chemlal, picual et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	4,28	2	2,140	47,156	0,000
Variétés	1,353	2	0,677	14,908	0,000
Erreur	0,998	22	0,045	.	.

Analyse de la variance du % d'huile (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	50,886	2	25,443	128,123	0,000
Erreur	1,191	6	0,119	.	.

Analyse de la variance du % d'huile (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	6,872	2	3,436	39,946	0,000
Erreur	0,516	6	0,086	.	.

Analyse de la variance du % d'huile/poids frais (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	17,925	2	8,962	23,604	0,001
Erreur	2,278	6	0,38	.	.

Analyse de la variance du % d'huile/poids frais (entre chemlal et picual et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	64,848	2	32,424	48,132	0,000
Variétés	71,491	2	35,746	53,063	0,000
Erreur	14,82	22	0,674	.	.

Analyse de la variance du MGR/MS (entre chemlal et picual et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	426,57	2	213,285	72,312	0,000
Variétés	218,664	2	109,332	37,068	0,000
Erreur	64,889	22	2,950	.	.

Analyse de la variance de l'acidité (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,037	2	0,019	152,455	0,000
Erreur	0,001	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de l'acidité (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,058	2	0,029	153,706	0,000
Erreur	0,001	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de l'acidité (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,001	2	0,001	16,333	0,004
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de l'acidité (entre chemlal, sigoise et picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,072	2	0,036	30,503	0,000
Variétés	0,079	2	0,039	33,200	0,000
Erreur	0,026	22	0,001	.	.

Analyse de la variance de l'acidité (entre chemlal et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,094	2	0,047	207,863	0,000
Variétés	0,000	1	0,000	0,884	0,363
Erreur	0,003	14	0	.	.

Analyse de la variance de l'indice de peroxyde (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	255,207	2	127,603	1434,999	0,000
Erreur	0,534	6	0,089	.	.

Analyse de la variance de l'indice de peroxyde (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	38,343	2	19,172	156,404	0,000
Erreur	0,735	6	0,123	.	.

Analyse de la variance de l'indice de peroxyde (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	156,047	2	78,024	926,526	0,000
Erreur	0,505	6	0,084	.	.

Analyse de la variance de l'indice de peroxyde (entre chemlal, sigoise et picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	385,052	2	192,526	31,688	0,001
Variétés	88,242	2	44,121	7,262	0,004
Erreur	133,666	22	6,076	.	.

Analyse de la variance de l'indice de peroxyde (entre chemlal et sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	244,898	2	122,449	34,34	0,000
Variétés	43,307	1	43,307	12,145	0,004
Erreur	49,921	14	3,566	.	.

Analyse de la variance de l'indice de peroxyde (entre sigoise et picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	162,203	2	84,102	42,927	0,000
Variétés	0,638	1	0,638	0,326	0,577
Erreur	27,428	14	1,959	.	.

Analyse de la variance de k232 (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,098	2	0,049	3279,652	0,000
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de k232 (variété sigoise)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,632	2	0,316	123658,957	0,000
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de k232 (variété picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,116	2	0,058	4672,75	0,000
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de K232 (entre chemlal, sigoise et picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Variétés	0,944	2	0,472	13,371	0,000
Erreur	0,847	24	0,035	.	.

Analyse de la variance de K232 (entre sigoise et picual)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Variétés	0,072	1	0,072	1,533	0,234
Erreur	0,784	16	0,047	.	.

Analyse de la variance de k270 (variété chemlal)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,003	2	0,001	156,398	0,000
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de k270 (variété sigoise : période de récolte T2 et T3) et T1

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,002	2	0,001	238,875	0,000
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de k270 (variété sigoise : période de récolte T2 et T3)

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,000	1	0,000	3,448	0,137
Erreur	0,000	4	0,000	.	.

Analyse de la variance de k270 (variété picual)

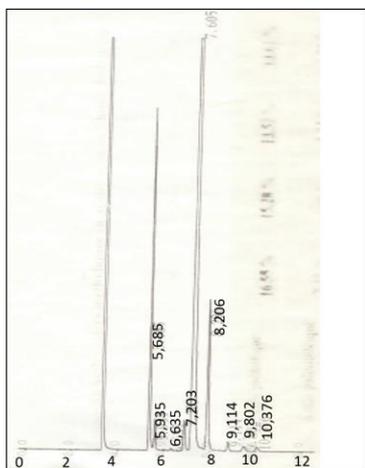
Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Temps	0,000	2	0,000	4,297	0,069
Erreur	0,000	6	0,000	.	.

Analyse de la variance de K270 (entre chemlal, sigoise et picual)

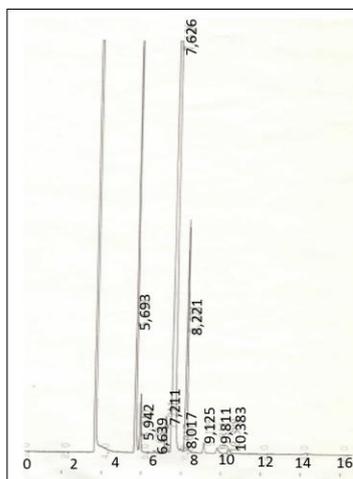
Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	p
Variétés	0,009	2	0,004	21,312	0,000
Erreur	0,005	24	0,000	.	.

APPENDICE G

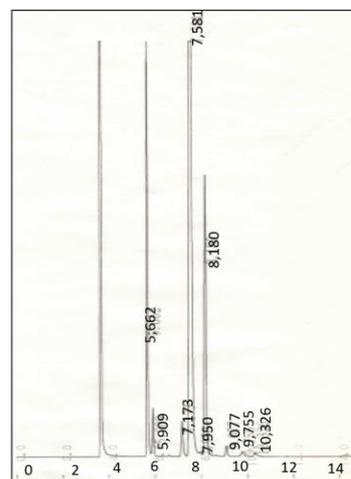
Profils des acides gras des échantillons d'huiles d'olive analysés.



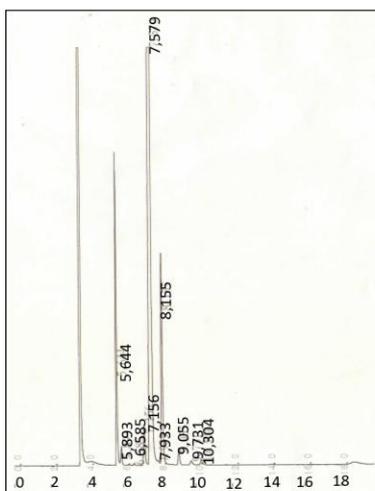
Chemlal : Novembre



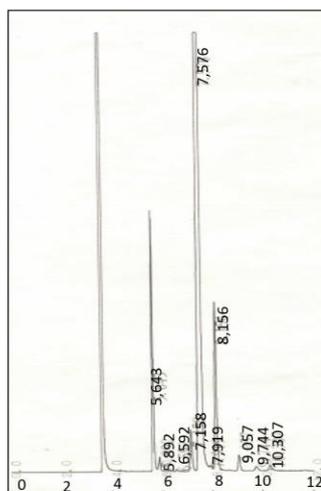
Décembre



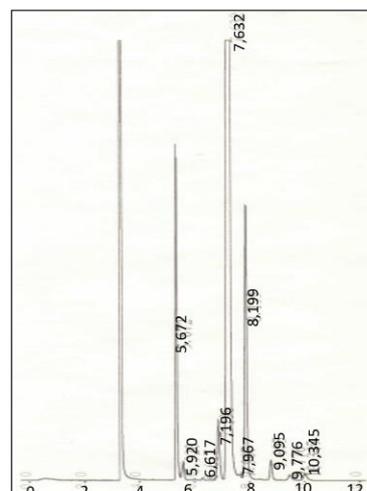
Janvier



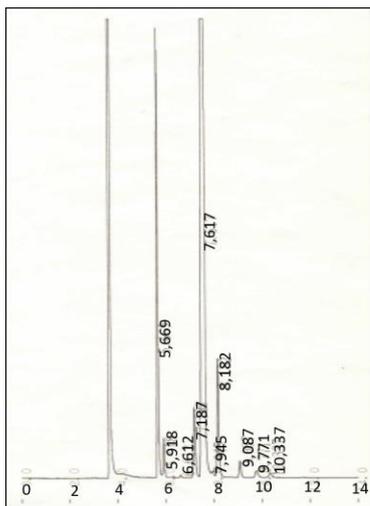
Sigoise : Novembre



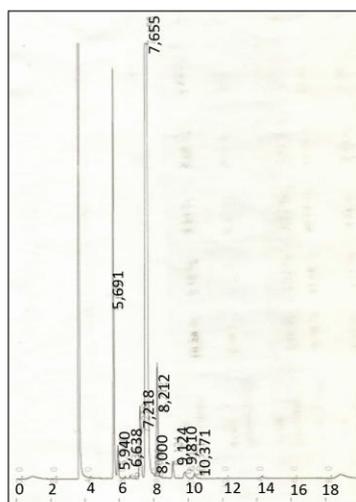
Décembre



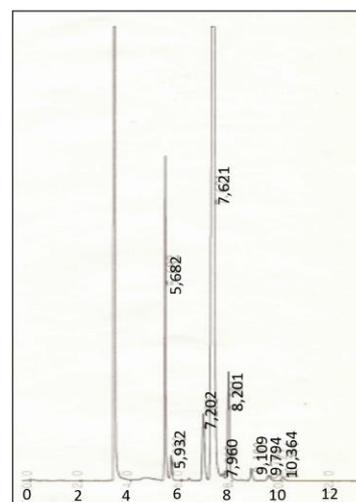
Janvier



Picual : Novembre



Décembre



Janvier

REFERENCES

1. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2010 : Techniques de production de plants d'olivier en pépinière. Disponible sur : www.internationaloliveoil.org
2. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2007 : Technique de production en oléiculture. 346 p. Espagne.
3. MENDIL M. et SEBAI A., 2006 : Catalogue des variétés algériennes de l'olivier, ed. Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne, 104 p. Algérie.
4. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL. 2011b : Indicateurs d'évolution de la filière oléicole. Algérie.
5. BOSKOU D., 1996. «Changes caused by enzymes and oxidation ». Olive Oil : Chemistry and Technology. AOCS Press, Champaign, IL, USA. Pp. 96-100.
6. LOPEZ-CORTES I., SALAZAR-GARCIA D.C., VELAZQUEZ-MARTI B. et SALAZAR D.M. 2013. « Chemical characterization of traditional varietal olive oils in East of Spain ». Food Research International, n°54. Pp1934-1940. Espagne.
7. APARICIO R., LUNA G. 2002. « Characterisation of monovarietal virgin olive oils ». Eur. J. Lipid Sci. Technol, n°104. Pp 614-627. Espagne.
8. CONDE C., DELROT S., GEROS H. 2008. « Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening ». Journal of Plant Physiology, n°165. Pp1545-1562. Portugal.
9. CONDE C., DELROT S., GEROS H. 2008. « Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening ». Journal of Plant Physiology, n°165. Pp1545-1562. Portugal.

10. BELTRAN G., AGUILERA M., DEL RIO C., SANCHEZ S. et MARTINEZ L. 2005 « Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils ». *Food chemistry*, n°89. Pp.207-215. Espagne.
11. ABDINE M., BOURGHOUL A., CARDONE G.L., CONTENTO F., DRAGOTTA A., DUBLA E., FAMIANI F., JBARA G. 2007 « Olive harvesting in Syria » In : DI TERLIZZI B. (ed.), DRAGOTTA A. (ed.), JAMAL M. (ed.). Séminaires Méditerranéens ; n. 73 : Syrian national strategic plan for olive oil quality : final report ». CIHEAM Bari. Pp 75-81. Syrie.
12. BENGANAA M., BAKHOUCHE A., LOZANO-SANCHEZ J., AMIR Y., YOUYOU A., SEGURA-CARRETERO A., FERNANDEZ-GUTIERREZ A. 2013. « Influence of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of Chemlal extra-virgin olive oil ». *Food Research International* n°54. Pp1868-1875. Algérie.
13. YORULMAZ A., ERINC H. et TEKIN A. 2013 « Changes in olive and olive oil characteristics during maturation ». *J Am Oil Chem Soc*, n°90. Pp 647-658. Turquie.
14. LOUSSERT R. et BROUSSE G., 1978 : L'olivier. Technique et production méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, 447 p. France.
15. BACCOURI O., GUERFEL M., BACCOURI B., CERRETANI L., BENDINI A., LERCKER G., ZARROUK M. et BEN MILED D.D. 2008 « Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening ». *Food Chemistry*, 2008, n°109, p.743–754. Tunisie.
16. LAZZERI Y. 2009 : Les défis de la mondialisation pour l'oléiculture méditerranéenne. L'olivier en Méditerranée, Conférence Centre Culturel Français de Tlemcen. Algérie.
17. YVON A., 2006 : Etude sur la filière oléicole en amont en Algérie expertise effectuée par le groupe d'étude Geomar International, pour le compte du MADR, Algérie, Juin. 2006. 46 p.

18. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2012 : 40th meeting of the Advisory Committee, Madrid, 14-15 November 2012. Espagne.
19. FABBRI A., BARTOLINI G., LAMBARDI M. et GEORGE KAILIS S., 2004 : Olive propagation manual. Ed. CRISTO PUBLISHING. 145p.
20. ASSOCIATION FRANÇAISE INTERPROFESSIONNELLE DE L'OLIVE, 2012 : Le marché de l'huile d'olive : situation et perspectives. Ed. Association Française Interprofessionnelles De l'Olive, Avril 2012, 75 p. France.
21. INSTITUT NATIONALE DE LA VULGARISATION AGRICOLE, 2006 : Marché mondiale des produits oléicoles, revue de vulgarisation et de communication INVA n° 02. Pp 6-7. Algérie.
22. MOUSSOUNI A., 2005 : Etude de faisabilité de nouvelles techniques pour la valorisation des déchets dans le secteur agroalimentaire au Maghreb Sous - secteur : huile d'olives, 51 p. Maroc.
23. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL. 2011a : Série statistiques B. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Algérie.
24. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2014 : Statistique oléicole. Disponible sur : www.internationaloliveoil.org. Espagne.
25. HADDAD B., 2009 : Amélioration par transformation génétique de l'enracinement de 6 variétés d'olivier récalcitrantes au bouturage. Mémoire Mag. ENSA El Harrach, 157p. Algérie.
26. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2011 : Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux l'huiles de grignons d'olives conseil oléicole International, COI/T.15/NC n°3/ Rév.6 / Novembre 2011. Espagne.
27. GHALMI R, 2012 : Effet de facteurs agronomiques et technologiques sur le rendement et la qualité de l'huile d'olive. Mémoire Mag. ENSA El Harrach, 72 p. Algérie.

28. GHEZALI H., 2011 : Essais de multiplication herbacée et semi-ligneux de quelques variétés autochtones et introduites de l'olivier. Mémoire Mag. USDB, 98 p. Algérie.
29. FONTANAZZA G. et BALDONI L., 1990 : Proposition pour un programme d'amélioration génétique de l'olivier. Revue Olivae, n° 34. Pp. 32-39.
30. NURHAYAT C., 1989 : Les facteurs ayant un indice sur la formation des bourgeons à fleurs chez l'olivier. Revue Olivae, n° 27, p 25 – 27.
31. ARGESON C., REGIS S., JOURDAIN J.M. et VAYSSE P., 1999 : L'olivier. Edition CTIFL, Paris. 203p. France.
32. LAVÉE N., 1997 : Biologie et physiologie de l'olivier. Encyclopédie mondiale de l'olivier. Ed. C.O.I., 61-110. Espagne.
33. BOUCHLOUHA B., 1995 : Contribution à l'amélioration de la productivité et de la régularité de production chez l'olivier (Olea europaea L.) « Picholine Marocaine ». Revue Olivae, n° 58. Pp54-57. Maroc.
34. DAOUDI L., 1994 : Etude des caractères végétatifs et fructifères de quelques variétés d'oliviers locales et étrangères cultivées à la station expérimentale de Sidi Aïch (Bejaia). Mémoire. Mag. I.N.A. EL Harrach, 132 p. Algérie.
35. OUKSILI A., 1983 : Contribution à l'étude de la biologie florale de l'olivier (Olea europaea L.) de la formation des fleurs à la pollinisation effective. Thèse de Doctorat. E.N.S.A.M ; Montpellier, 143 p. Algérie.
36. THERIOS I. 2009 : Olives, Ed. britich library. 245 p.
37. DANDANI O., 1983 : Les exigences pédoclimatiques de l'olivier 3^{ème} cours international d'oléiculture -Tizi-Ouzou-. ITAF Boufarik. Pp 36-42. Algérie.
38. BALDY CH., 1990. Le climat de l'olivier (Olea europaea L.). Volume jubilaire du professeur P. Quézel. Ecologia mediterranea XVI1990. Pp113-121.

39. BALDY CH., RIEU J-P., LHOEL J-CL., 1986. Modification du rayonnement solaire. Sous les oliviers. Conséquences. Agronomiques. Revue Olivaea N°17 .Pp:135-138.
40. RAINA B. L., 2003 : OLIVES, Elsevier Science Ltd. Pp 4261-4262. France.
41. BENLEMLIH M. et GHANAM J., 2012 : Polyphénols d'huile d'olive, trésors santé. Ed. marco pietteur. 128 p. Belgique.
42. CHOUCHE A., 2010 : Etude expérimentale et théorique de procédés de valorisation de sous-produits oléicoles par voies thermique et physico-chimique, Mém. Doctorat, université de haute-alsace, France, 208 p.
43. HASSOUNA V. 2010 : Virgin Olive Oil. Ed. Germen national library, 144p.
44. ABERKANE F, 1992 : Contribution à l'étude biochimique et organoleptique des huiles d'olives vierges Algériennes. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger. Pp 3-45. Algérie.
45. RURAL INDUSTRIES RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION, 2008 : Guide to Efficient Olive Harvesting, Ed., Australian Government, 28 p.
46. SALVADOR M.D., ARANDA F. et FREGAPANE G. 2001 « Influence of fruit repenning on cornicabra virgin olive oil qualité, a study of four successive crop seasons ». Food chemistry, n°73. Pp 45-53. Espagne.
47. MORELLO J., ROMERO M., RAMO T. et MOTILVA M. 2005 « Evaluation of L-phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic profile in olive drupe (*Olea europaea* L.) from fruit setting period to harvesting time ». Plant science, n°168. Pp 65-72. Espagne.
48. ERETEO F, 1988 : L'olivier : taille, entretien, récolte, le gel de 1985. Ed. Solar, France. Pp 84,85, 86.
49. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2009 : Olive gap manual ; good agricultural practices for the near east and north africa countries. 260p. Italie.

50. CHIMI H., et OUAOUICH A., 2007 : Guide du producteur de l'huile d'olive, ed. Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, Vienne, 36 p. Italie.
51. MAILER R., CONLAN D., ET AYTON J. 2005 « Olive Harvest, Harvest timing for optimal olive oil quality ». Rural Industries Research and Development Corporation Australian, February, n°5. 67 p.
52. AL-MAAITAH M.I., AL-ABSI K.M. et AL-R AWASHDEH A. 2009 « Oil Quality and Quantity of Three Olive Cultivars as Influenced by Harvesting Date in the Middle and Southern Parts of Jordan ». INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE and BIOLOGY, n°11. Pp 266-272. Jordanie.
53. ASSOCIATION FRANÇAISE INTERPROFESSIONNELLE DE L'OLIVE, 2003 : Bonne pratique d'hygiène pour la fabrication de l'huile d'olive vierge. 41 p. France.
54. CHAUMETON H. 2007 : la culture des oliviers. Ed. Losange. Pp 67. France.
55. INSTITUT ITALIEN POUR LE COMMERCE EXTERIEUR, 2010 : Grande Dégustation d'huiles d'olive italiennes, 19 p. Italie.
56. APARICIO R. et HARWOOD J. 2013 : Handbook of Olive Oil, ed. Springer, second Edition, 774 p. Espagne.
57. GOMEZ-GONZALEZ S., RUIZ-JIMENEZ J. et LUQUE DE CASTRO M. D. 2011 « Oil content and fatty acid profile of spanish cultivars during Olive fruit ripening ». J Am Oil Chem Soc, n°88. Pp1737-1745. Espagne.
58. DAG A., KEREM Z., YOGEV N., ZIPORI I., LAVEE S. et BEN-DAVID E. 2011 « Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality ». Scientia Horticulturae, n°127. Pp 358-366. Israël.
59. CAMPOSEO S., VIVALDI G.A. et GATTULLO C.E. 2013 « Ripening indices and harvesting times of different olive cultivars for continuous harvest ». Scientia Horticulturae, n°151. Pp 1-10. Italie.

60. WIESMAN Z., 2009: Olive-harvesting biotechnologies: Desert Olive Oil Cultivation. Pp185-219.
61. AGIOMYRGIANAKI A., PETRAKIS P V., et DAIS P. « Influence of harvest year, cultivar and geographical origin on Greek extra virgin olive oils composition : A study by NMR spectroscopy and biometric analysis ». Food Chemistry, 2012, n°135. Pp 2561-2568. Grèce.
62. 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 ». Journal of Agricultural and Food Chemistry, n°47. Pp121-127.
63. AYTON J, MAILER M.J. ET GRAHAM K. 2012 « The effect of storage conditions on extra virgin olive oil quality ». Rural Industries Research and Development Corporation Australian (RIRDCA), n°12, 90 p. Australie.
64. CAMPOSEO S., VIVALDI G.A. et GATTULLO C.E. 2013 « Ripening indices and harvesting times of different olive cultivars for continuous harvest ». Scientia Horticulturae, n°151. Pp 1-10. Italie.
65. TAYFUN AGAR I., HESS-PIERCE B., SOUROUR M.M. ET A. KADER A. 1998 « Quality of fruit and oil of black-ripe olives is influenced by cultivar and storage period ». J. Agric. Food Chem., n°46. Pp 3415-3421. USA.
66. CHIMI H. 2009 : Stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge. 4ème édition des Journées Méditerranéennes de l'Olivier du 19 au 21 octobre 2009 à Meknès, Maroc. Pp 85-88.
67. DIRAMAN H. et DIBEKLIOGLU H. 2009 « Characterization of Turkish Virgin Olive Oils Produced from Early Harvest Olives ». J Am Oil Chem Soc, n°86. Pp663–674. Turquie.
68. UCCELLA N. 2001 « Olive biophenols : novel ethnic and technological approach ». Trends in Food Science and Technology, n°11. Pp 328-339. Italie.

69. ANGLES S., 2006 : L'huile d'olive : les voies vers la qualité dans les pays de l'Union européenne. Université PARIS 7 Denis Diderot. Comunicación aceptada por el Comité Científico del III Congreso Internacional de la Red SIAL "Alimentación y Territorios". 29 p.
70. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2011 : Guide pour la détermination des caractéristiques des olives à huile, COI/OH/Doc. n° 1, Novembre 2011. Espagne.
71. AHMIDOU O. et HAMMADI C ; 2007 : Guide du producteur de l'huile d'olive, Ed. ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL (ONU/IDI), 34 p. USA.
72. RAHMANI M., 1999 : Influence des ravageurs et des maladies de l'olivier sur la qualité des huiles d'olives vierges, revue, journée nationale sur la protection de l'olivier, Maroc.
73. AL IBRAHEM A., BOULOUHA B., GREGORIOU C., EL-KHOLY M., KSANTINI M., SERAFIDS N. et SHDIEFAT S. 2009 : Olive gap manual ; good agricultural practices for the near east and north africa countries. Ed. F.A.O. 258 p. Italie.
74. BARRANCO D., FERNANDEZ-ESCOBAR R. et RALLO L., 2008 : El cultivo del olivo. 6^{ème} Ed Mundi-Prensa, Madrid. 846 p. Espagne.
75. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2006 : Guide de gestion de la qualité de l'industrie de l'huile d'olive ; les moulins, T.33 / Doc. n° 2-4, 2006. Espagne.
76. ROEHLLY Y. 2000 : La fabrication de l'huile d'olive. Ed. Ecole supérieure d'agronomie tropicale de Montpellier. France.
77. AMOURETTI M.C et COMET G., 2000 : Le Livre de l'olivier. Ed. Edisud. Pp 88-89-108. France.
78. DI GIOVACCHINO L., 2005 : Les eaux de végétation des olives ; caractéristiques et utilisation rationnelle. Olivae 104, 55 p.

79. ALBA J., MUNOZ E., MARINEZ M., 1982 : Obtencion del aceite de oliva ; Empleo de productos que facilitan su extraccion. Alimentaria, 138, Pp25.
80. CHIMI H. 2006. Technologie d'extraction de qualité des huiles d'olive et gestion de sa qualité, PNTTA-Transfert de Technologie en Agriculture, 6. Pp 2. Maroc.
81. NAVERO D. B., CIMATO A., FIORINO P., ROMERO L. R., TOUZANI A., CASTANEDA C., SERAFINI F., NAVAS I. T. 2000 : Catalogue mondial des variétés d'olivier. Ed. Conseil Oléicole International. Pp 272-273. Espagne.
82. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2001 : Détermination des acides gras isomères trans moyennant analyse par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire. COI / T.20/ Doc.n°17/Rév.1, 2001. Espagne.
83. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2001 : Préparation des esters méthyliques d'acides gras de l'huile d'olive et de l'huile de grignons d'olive, COI /T.20/Doc. n° 24, 2001. Espagne.
84. ARSLAN D. et SCHREINER M. 2012 « Chemical characteristics and antioxidant activity of olive oils from Turkish varieties grown in Hatay province ». Scientia Horticulturae, n°144. Pp141-152. Turquie.
85. DESOUKY I.M., HAGGAG L.F., ABD EL-MIGEED M.M.M. et EL-HADY E.S. 2009 « Changes in some physical and chemical properties of fruit and oil in some olive oil cultivars during harvesting stage ». World journal of agricultural sciences, n°5. Pp 760-765. Egypte.
86. JIMENEZ B., SANCHEZ-ORTIZ A., LUISA LORENZO M., RIVAS A. 2013 « Influence of fruit ripening on agronomic parameters, quality indices, sensory attributes and phenolic compounds of Picudo olive oils ». Food Research International, n°54. Pp1860-1867. Espagne.
87. DE LA ROSA R., TALHAOUI N., ROUIS H., VELASCO L., LEON L. 2013. « Fruit characteristics and fatty acid composition in advanced olive breeding selections along the ripening period ». Food Research International, n°54. Pp 1890-1896. Espagne.

88. REQUEJO-JACKMAN C., FARRELL M., OLSSON S., OGWARO J., BERESFORD M., HARKER R., MCGHIE T., BLANCHE A., FARA E., WOHLERS M., FARR J., WIBISONO R., WANG Y., WONG M., FAN C., et WOOLF A. 2011 « Effects of harvest maturity on extra virgin olive oil ». *Plant and food research*, Mars 2011, 83 p. Nouvelle Zélande.
89. RAHMANI M. et IDRISSE J. 2006 « stabilité oxydative (photooxydation) de l'huile d'olive vierge, influence du degré de maturité des olives ». *Biotechnologie et qualité de l'olivier dans le bassin méditerranéen*. Ed. My Mustapha ISMAILI-ALAOUI. Pp 199-206. Maroc.
90. MAILER R. et BECKINGHAM C. 2006 « Testing olive oil quality : chemical and sensory methods ». *PRIMEFACT*, Aout 2006, n°231. 5 p. Australie.
91. AGUILERAA M. P., BELTRAN G., SANCHEZ-VILLASCLARAS S., UCEDA M. et JIMENEZ A. 2010 « Kneading olive paste from unripe 'Picual' fruits : Effect on oil process yield ». *Journal of Food Engineering*, n°97. Pp 533-538. Espagne.
92. ABDELLA A.E.M., ENTISSAR A.E. et ABDELNEEM Y.F, 2008 « A study on the effect of harvest time on quality of egyptian olive oil ». *Alex. J. Fd. Sci. and Technol.* Mars 2008. Spécial Volume Conférence. Pp 61-74. Egypte.
93. BUSTAN A., KEREM Z., YERMIYAHU U., BEN-GAL A., LICHTER A., DROBYC S., ZCHORI-FEIN E., ORBACH D., ZIPORI I., DAG A. 2014 « Preharvest circumstances leading to elevated oil acidity in Barnea olives ». *Scientia Horticulturae*, n°176. Pp11–21. Israël.
94. FUENTES DE MENDOZA M., MIGUEL GORDILLO C. D., MARIN EXPOSITO J., SANCHEZ CASAS J., MARTINEZ CANO M., MARTIN VERTEDOR D., FRANCO BALTASAR M. N. 2013 « Chemical composition of virgin olive oils according to the ripening in olives ». *Food Chemistry*, n°141. Pp 2575–2581. Espagne.
95. ASSOCIATION FRANÇAISE INTERPROFESSIONNELLE DE L'OLIVE. Acidité de l'huile d'olive [en ligne]. Disponible sur :

- <<http://www.afidoltek.org/index.php/> Acidité de l'huile d'olive > (consulté le 11.03.2014).
96. MEFTAH H., LATRACHE H., HAMADI F., HANINE H., ZAHIR H., EL LOUALI M. 2014 « Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olives issus de différentes zones de la région Tadla Azilal (Maroc) ». J. Mater. Environ. Sci., n°5. Pp 641-646.
97. 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 coopérative pilotes (Iakrarma et Kenine) au niveau du Maroc oriental », LES TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE – 2010, Volume 5, N°18, p 18-26.
98. REBOREDO-RODRIGUEZ P., GONZALEZ-BARREIRO C., CANCHO-GRANDE B., SIMAL-GANDARA J. 2014. « Quality of extra virgin olive oils produced in an emerging olive growing area in north-western Spain ». Food Chemistry, n°164. Pp418-426. Espagne.
99. YOUSFI K., Cert R.M., Garcia J.M., 2006. « Changes in quality and phenolic compounds of virgin olive oils during objectively described fruit maturation ». Eur. Food Res. Technol, n°223. Pp117-124. Tunisie.
100. RAHMANI M. 2007. Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides. Les technologies de laboratoire-n°2 Janvier-février 2007. Pp18-21. Maroc.
101. CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2001 : Norme commerciale applicable à l'huile d'olive et à l'huile de grignons d'olive–COI / T.20 / Doc. n°19 / Rév. 1.2001. Espagne.
102. TANOUTI K., SERGHINI CAID H., ABID M., MIHAMOU A., KHIAR M., HACHEM M. E., BAHETTA Y. et ELAMRANI A. 2011. « Isly Huile d'Olive Vierge, analyse des Triglycérides et Composition en Acides Gras ». LES TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE -, n° 23. Pp 58-63. Maroc.

103. RABIHA K., 2012 : Caractérisation physico-chimique et organoleptique des huiles d'olive vierges provenant de différentes variétés algériennes. Mém. Master II. USDB, 173p. Algérie.
104. MAESTRO R. et BORJAS R. 1990 « La calidad del aceite de oliva en relacion con la composition y maduracion de la aceituna ». Grasas y aceites n°41, 1p71-178. Espagne.
105. PROCIDA, G. et CICHELLI, A. 1996 « Contribution à la caractérisation des huiles d'olives produites en Istrie ». Olivæ, n°62. Pp33-37.